



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS
EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN
DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS
AGRÍCOLAS DE PLÁTANO; EN EL
DISTRITO DE SALITRAL, SULLANA**

Dante Guerrero; Hilda Fuentes; Mario
Briones; Junneyder Escalante; Roxana
Lizama; Arnaldo Saavedra

Piura, 16 de noviembre de 2012

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[No Comercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)
No olvide citar esta obra.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
RESUMEN EJECUTIVO	6
1. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	7
1.1 ESTUDIO DE MATERIAL LIGNOCELULOSO.....	7
1.1.1 Definición.....	7
1.1.2 Composición.....	7
1.1.3 Aplicación	8
1.2 ESTUDIO DE LA PLANTA DE PLÁTANO	10
1.2.1 Descripción.....	10
1.2.2 Características.....	11
1.2.3 Variedades	11
1.2.4 Disponibilidad	12
1.2.5 Uso actual.....	12
1.3 ESTUDIO DEL ETANOL	12
1.3.1 Características.....	13
1.3.2 Materia prima usada para la elaboración de etanol.....	13
1.3.3 Proceso de obtención de etanol	14
2. CAPÍTULO II: ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD.....	19
2.1 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD TÉCNICA.....	19
2.2 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD AMBIENTAL.....	20
2.2.1 Estudio de Impacto Ambiental	20
2.2.1 Conflictos y plan de contingencia de instalar una planta de etanol en Sullana	21
2.3 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD FINANCIERA.....	22
2.4 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD SOCIO – ECONÓMICA.....	22
2.4.1 Localización y Ubicación	22
2.4.2 Aspectos Socio - culturales	24
2.4.3 Aspecto Económico.....	25
2.5 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD LEGAL.....	26



2.5.1	Normas del Sector de Biocombustibles aplicables al Proyecto	26
2.5.2	Normas de Salud aplicables al proyecto.....	27
2.5.3	Norma Agrarias aplicada al proyecto.....	28
2.5.4	Instituciones del Gobierno Regional y Local.....	28
3.	CAPÍTULO III: INVESTIGACIÓN DE MERCADO	30
3.1	SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO INTERNACIONAL DE ETANOL	30
3.2	SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO NACIONAL DE ETANOL.....	31
3.3	PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA	33
	CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO	34
3.4	PROCESOS.....	34
3.4.1	Recepción de la Materia Prima.....	34
3.4.2	Desfibrado	34
3.4.3	Deslignificación.....	35
3.4.4	Neutralización.....	35
3.4.5	Filtración	35
3.4.6	Hidrólisis Enzimática.....	36
3.4.7	Fermentación.....	36
3.4.8	Destilación	37
3.4.9	Deshidratación.....	38
3.5	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	39
3.6	DISEÑO DEL PROCESO CONTINUO.....	39
3.6.1	Diagramas de Flujo.....	39
3.6.2	Descripción del flujo del proceso	41
3.6.3	Balance de masa del proceso.....	42
3.7	EQUIPOS Y MAQUINARIAS	46
3.7.1	Desfibradora	47
3.7.2	Reactor de Deslignificación	47
3.7.3	Tanques de Neutralización	48
3.7.4	Tamiz Rotativo para el Filtrado	49
3.7.5	Biorreactor	50
3.7.6	Destiladora	51



3.8	SELECCIÓN DE ESTILO DE DISTRIBUCIÓN DE PROCESO CONTINUO	52
3.9	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	53
4.	CAPÍTULO V: ANÁLISIS EXPERIMENTAL	54
4.1	ANÁLISIS PREVIO.....	54
4.1.1	Objetivos del experimento	54
4.1.2	Descripción de equipos y materiales utilizados	55
4.2	PROCEDIMIENTO	58
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
4.3.1	Recomendaciones.....	60
5.	CAPÍTULO VI: ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO.....	61
5.1	FLUJO ECONÓMICO	61
5.1.1	Inversión inicial	61
5.1.2	Flujo operativo	62
5.1.3	Módulo del IGV	64
5.1.4	Capital de trabajo.....	65
5.1.5	Liquidación	65
5.1.6	Flujo de Caja Económico.....	66
5.2	FLUJO FINANCIERO.....	67
5.2.1	Obtención de la VAR y la TIR	69
5.3	BALANCE GENERAL Y ESTADO DE RESULTADOS	71
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	74
	BIBLIOGRAFÍA	75
	ANEXOS	82



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el calentamiento global ha generado una búsqueda de desarrollo de combustibles renovables, con el objetivo de satisfacer las demandas energéticas existentes y de disminuir la contaminación ambiental; y por otro lado, los combustibles no renovables han aumentado sus costos por el agotamiento de ellos.

Después de varias investigaciones se ha llegado a la segunda generación de biocombustibles, biodiesel y etanol obtenidos de material vegetal no alimenticio. Entre estos vegetales se encuentra la planta de plátano que es un material lignocelulósico apto para la producción de etanol.

Para este proyecto de obtención de etanol, se explicará los procesos utilizados en la producción de etanol a partir de hojas, tallos y pseudotallo de la planta de plátano; además, se diseñará el proceso continuo adaptando los procesos usados en la industria a nuestro proyecto.

En la parte experimental se obtendrá etanol a escala de laboratorio, donde se demostrará que es posible obtenerlo a partir de material lignocelulósico.

Los métodos utilizados son básicamente la hidrólisis en donde las moléculas de celulosa se rompen para obtener glucosa, luego la glucosa es fermentada utilizando la levadura, para luego fermentarlo y destilarlo para separar el etanol. Cabe mencionar que en los procesos industriales se utiliza el método de deshidratación para poder obtener etanol anhidro al 99.8% de pureza, que luego será mezclado con la gasolina para obtener gasohol.

Para poder realizar el proyecto se ha contado con el apoyo de expertos en la materia como el Dr. Ing. Gastón Cruz, Dr. Ing. José Luis Calderón, Dr. Ing. Fabiola Ubillús, Bach. Alfonso Romero; y con información obtenida de entrevistas realizadas a productores de plátano y banano orgánico de Piura, logrando obtener información precisa y actual.

Con los resultados esperados se espera generar tecnologías de implementación en la producción de etanol que incrementen la productividad y el consumo en el mercado de etanol para un menor deterioro medioambiental, contribuir al desarrollo de la región y reducir el impacto de una actividad como ésta.



RESUMEN EJECUTIVO

“DISEÑO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE PLÁTANO; EN EL DISTRITO DE SALITRAL, SULLANA”; es un proyecto que nació luego de conocer el rechazo que presenta, por consideraciones éticas, la utilización de bioetanol como combustible a partir de productos alimenticios, como: frutos, granos, maíz y aceites comestibles; y de la necesidad de aprovechar un recurso, hasta la fecha, inutilizado en la región de Piura: hojas, tallos y pseudotallos de plátano; los cuales alcanzan aproximadamente 50 000 mil toneladas/día de desechos, y que debido a su alto contenido de celulosa y hemicelulosa lo convierte en una potencial fuente de energía de segunda generación para la obtención de etanol, que podría satisfacer los 90 000 litros de etanol anhidro de demanda interna insatisfecha y los más de 40 000 litros de etanol para uso industrial; además de contribuir a la disminución de CO₂ emitido por los vehículos, a la atmósfera.

El proyecto se ha dividido en dos partes:

1. **Diseño del proceso continuo de producción de etanol a partir de residuos agrícolas de plátano**, punto en el que se describirán los procesos de obtención de etanol anhidro, resaltando las últimas tecnologías utilizadas en cada uno de ellos, cuya información ha sido tomada de la base de datos Science Direct. Cabe mencionar, que varias de éstas tecnologías aún se encuentran en prototipo, pero han demostrado, hasta la fecha, el incremento considerable en los rendimientos de los procesos. Después de realizar el estudio de los procesos de obtención de etanol, a partir de los residuos agrícolas de plátano, obtenemos que el rendimiento del proceso es de 24.47 litros de etanol por tonelada de materia prima.

Se obtiene 139.92 litros de etanol por una tonelada de celulosa y hemicelulosa.

2. **Análisis a nivel de laboratorio de la obtención de etanol a partir de residuos agrícolas de plátano**, en este punto se describe el análisis experimental que el equipo del proyecto ha realizado a partir de hojas y tallo de plátano, en las instalaciones del laboratorio de química de la Universidad de Piura, y en laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Piura; obteniendo como resultado: etanol con grado alcohólico en volumen del 72%. El rendimiento obtenido de la experimentación es el 4%.

Del análisis económico financiero se ha determinado una VAN S/. 9,079,185.53 de y una TIR de 86%, la cual indica que el proyecto es altamente rentable. Además de obtiene un payback de 2 años.



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se iniciará con el estudio del material lignoceluloso, presente en diversos residuos agrícolas y que son considerados como fuente de energía de segunda generación para la obtención de etanol. Luego, se centrará en el estudio del material lignocelulosos utilizado en este proyecto: planta de plátano. Finalmente, se desarrollará un estudio preliminar de las características del producto que se desea obtener: etanol.

1.1 ESTUDIO DE MATERIAL LIGNOCELULOSO

1.1.1 Definición

La lignocelulosa es el principal y más abundante componente de la biomasa, producida por la fotosíntesis. Anualmente se forman 200, 000 millones de toneladas en el mundo. (Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM, 2009)

1.1.2 Composición

La lignocelulosa está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina.

1. La celulosa es un polímero de D-glucosa unido por enlaces glucósidos que se estructuran en largas cadenas lineales unidas por puentes de hidrógeno y fuerzas de van der Waals intramoleculares, formando una estructura cristalina resistente a la hidrólisis y regiones amorfas susceptibles a la degradación enzimática.
2. La hemicelulosa es un polímero complejo de heteropolisacárido formado por pentosas (D-xilosa y L-arabinosa) y hexosas (D-glucosa, D-manosa y D-galactosa), que forman cadenas ramificadas y los ácidos 4-O-metilglucorínico, D-galacturónico y D-glucurónico, los azúcares están unidos por enlace.
3. La lignina es un heteropolímero amorfo, tridimensional y ramificado formado por alcoholes aromáticos que dan soporte estructural, rigidez, impermeabilidad y protección a los polisacáridos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y es altamente resistente a la degradación química y biológica.

En los residuos lignocelulosos existe una variación en el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina, como se muestra en la Tabla 1:



Material lignocelulósico	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)
Madera dura	40-55	24-40	18-25
Madera suave	45-50	25-35	25-35
Cáscara de nuez	25-30	25-30	30-40
Olote de maíz	45	35	15
Desechos de pastos	25-40	35-40	18-30
Papel	85-99	0	0-15
Paja de trigo	30	50	15
Hojas	15-20	80-85	0
Algodón	80-95	0	0
Papel periódico	40-55	25-40	18-30
Desecho de papel de pulpeos químicos	60-70	10-20	5-10
Desechos sólidos de aguas residuales	8-15	ND ^b	24-29
Desechos animales (cerdos)	6	28	ND ^b
Desechos sólidos de ganado	1.6-4.7	1.4-3.3	2.7-5.7
Hierba Bermuda	25	35.7	64
Pastos de crecimiento rápido	45	31.4	12

TABLA 1: CONTENIDO DE CELULOSA, HEMICELULOSA Y LIGNINA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DESECHOS-FUENTE: CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE BIOTECNOLOGÍA (SUNG & CHENG, 2002)

Como podemos apreciar, en la Tabla 1 el principal componente del material lignocelulósico es la celulosa, por lo que este tipo de material es rico en cadena de polímeros de glucosa, sin embargo, el problema se presenta en encontrar un método eficiente y poco costoso que nos permita romper los enlaces de las moléculas y acceder a los azúcares de dichas cadenas.

1.1.3 Aplicación

Lignocelulosa como fuente de azúcares para la producción de etanol

La lignocelulosa es el principal componente de la pared celular de las plantas, esta biomasa producida por la fotosíntesis es la fuente de carbono renovable más prometedora para solucionar los problemas actuales de energía. El principal impedimento tecnológico para la utilización de la biomasa vegetal es, en general, la ausencia de una tecnología de bajo costo dirigida a la recalcitrancia de la celulosa.

Para disminuir los costos de producir etanol a partir de material lignoceluloso se han desarrollado diversos métodos que mejoran el proceso de hidrólisis, como los tratamientos fisicoquímicos y biológicos. La finalidad del pre tratamiento es remover la lignina, hidrolizar la hemicelulosa a azúcares fermentables, y reducir la cristalinidad de la celulosa para liberar la glucosa. (Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM, 2009)

Existen diversos métodos para el pre tratamiento:



1.1.3.1 Métodos Físicos

1.1.3.1.1 Fragmentación mecánica y pirolisis

El material lignoceluloso es fragmentado, triturado y molido para aumentar el área de contacto, facilitando el acceso a las fibras de la celulosa y aumentando su conversión. En la pirolisis la lignocelulosa se descompone en diferentes productos gaseosos y carbón residual. Aunque es un método eficiente para tratar el material lignoceluloso tiene un alto costo. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.1.3.2 Métodos Físico- Químicos

1.1.3.2.1 Explosión por vapor

Es uno de los pre tratamientos más efectivos para maderas duras y desechos agrícolas. La biomasa es tratada con vapor saturado a una temperatura de 160- 260 °C (0.69- 4.83 MPa) durante cierto tiempo causando reacciones de auto hidrólisis, donde la hemicelulosa y lignina son convertidos en oligómeros solubles. La adición de ácido sulfúrico mejora la posterior hidrólisis enzimática y disminuye la producción de compuestos inhibitorios. Las limitaciones y desventajas del proceso son la destrucción parcial del xilano¹ y la separación incompleta de la lignina y los carbohidratos, así como la generación de compuestos inhibitorios para los organismos utilizados en la fermentación. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.1.3.2.2 Explosión de fibra de amoniaco (AFEX)

Este pre tratamiento mejora significativamente la tasa de sacarificación de diversos sustratos lignocelulósicos los cuales son tratados con amoniaco a alta temperatura y presión. Es eficiente para sustratos de poca lignina, logrando hasta el 90% de la hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa y no produce compuestos inhibidores. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.1.3.3 Métodos Químicos

1.1.3.3.1 Hidrólisis ácida

Los ácidos como el H₂SO₄ y HCl. concentrados son poderosos agentes que hidrolizan la celulosa, pero son tóxicos, corrosivos y peligrosos por lo que requieren de reactores que resistan su corrosión. Se emplean altas temperaturas y ácidos diluidos que hidrolizan la hemicelulosa en azúcares solubles en agua, en los residuos queda la celulosa y la lignina, esta última se extrae con solventes orgánicos. El pre tratamiento con ácidos mejora la hidrólisis de la celulosa, pero su costo es alto en comparación con otros tratamientos y requiere de una neutralización del pH para evitar la inhibición de la fermentación. (Universidad de Cádiz, 2007)

¹ El xilano es el polisacárido más abundante después de la celulosa.



1.1.3.3.2 Hidrólisis alcalina

Es la adición de las bases diluidas a la biomasa y su eficiencia depende del contenido de lignina de los materiales. El hidróxido de sodio diluido produce un hinchamiento, permitiendo un incremento del área de superficie interna reduciendo el grado de polimerización y cristalinidad de la celulosa, causando la separación de las unidades estructurales entre la lignina y los carbohidratos. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.1.3.3.3 Deslignificación oxidante

El pre tratamiento con peróxido de hidrógeno aumenta la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática al eliminar cerca del 50% de la lignina y la mayoría de la hemicelulosa, las cuales son solubilizadas liberando la glucosa durante la sacarización. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.1.3.4 Métodos Biológicos

Los tratamientos biológicos son amigables con el ambiente e incrementan la accesibilidad al material celulósico favoreciendo una subsecuente hidrólisis y fermentación, sin embargo, es un proceso lento que limita su aplicación a nivel industrial. Sus ventajas son el alto rendimiento del producto, las condiciones moderadas de la reacción, la poca generación de compuestos tóxicos y una mínima demanda de energía. (Universidad de Cádiz, 2007)

Una alternativa atractiva a la bio conversión es la sacarización y fermentación simultánea (SSF), en donde las enzimas hidrolíticas y los microorganismos fermentativos están en un mismo reactor. La SSF consolida la hidrólisis de la celulosa y la fermentación de los azúcares en un solo paso, sin embargo, la actividad de las celulasas puede ser inhibida por productos finales como la celobiosa y la glucosa. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.2 ESTUDIO DE LA PLANTA DE PLÁTANO

Se explicarán algunas características del plátano, sus variedades existentes en el mundo y en el Perú; además, se explicará su disponibilidad en el mercado peruano y su uso actual.

1.2.1 Descripción

El plátano es una planta perteneciente a la familia de las musáceas y al género de la musa. Es un producto de origen vegetal, cuyo fruto es consumido por la población en general y por algunas especies animales que viven dentro del mismo ecosistema. (Federación de Asociaciones de Regantes de El Salvador, 2002)

Es una planta que se siembra por única vez y se reproduce periódicamente; es decir, la “planta madre” es sembrada por primera y única vez y después de un par de meses crecen de ella las “plantas hijo”, las cuales luego de que la planta “madre” de frutos, éstos harán lo mismo. (Federación de Asociaciones de Regantes de El Salvador, 2002)



La producción mundial promedio de plátano es de 29.9 millones de toneladas anuales, generada principalmente en África con un 73.2% de la producción, mientras que en América se produce el 27.8% con un promedio de 7.1 millones de toneladas anuales.

1.2.2 Características

La planta de plátano posee las siguientes características:

1. Está compuesta de un tallo falso que da una sola cosecha y muere. (Garrido, 2012)
2. Cosecha entre 70 y 100 frutos de plátano por planta. (APOQ, 2012)
3. Una cabeza de nueve manos puede pesar de 22 kg a 65 kg, dependiendo de la variedad. (APOQ, 2012)
4. Tiene un diámetro de 0.4 mts. en la base y una altura de 7.50 mts. promedio, variando según la especie. (Espinoza, 1984)
5. El tallo está formado por la base y vainas de las hojas superpuestas. (APOQ, 2012)
6. Las “plantas hijos” nacen de la “planta madre”, y son aproximadamente entre 5 a 12 hijos por planta, pero se suele dejar un solo hijo para que posea mayor fuerza y salud para sus frutos. . (Garrido, 2012)
7. El tiempo que transcurre entre el nacimiento de un hijuelo y la cosecha es de 8 meses, en buenas condiciones de luz, riego y abono. . (Garrido, 2012)
8. El peso de la planta, sin contar su mano de plátano, varía ente 20 a 45 Kg. (APOQ, 2012)
9. En función de la variedad, la piel puede ser de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. (Espinoza, 1984)
10. El plátano macho tiene una piel gruesa y verdosa y su pulpa es blanca. . (Eroski Consumer)
11. El plátano generalmente destacan porque su sabor es dulce, intenso y perfumado. En el plátano macho, la pulpa tiene una consistencia harinosa y su sabor, a diferencia del resto de plátanos de consumo en crudo, no es dulce ya que apenas contiene hidratos de carbono sencillos. (Eroski Consumer)
12. Composición química del fruto: Calorías 85,2; hidratos de carbono 20,8gr.; fibra 2,5gr.; magnesio 36,4mg.; potasio 350mg.; provitamina A 18 mcg.; vitamina C 11,5mg.; ácido fólico 20 mcg. (Botanical Online)

1.2.3 Variedades

1. **Hartón:** Se distingue por el gran tamaño de sus frutos; además, este es el plátano que en producción lleva más fécula y por contener menos mucílagos se presta mejor para preparar almidón de plátano.



2. **Banano:** Es uno de los frutos que más consumo ha obtenido en el mundo, por su gran valor alimenticio, la facilidad de su cultivo, sus excelentes condiciones para la mesa y resistencia al transporte.
3. **Manzano:** Cuando se logran manzanos uniformemente maduros se puede apreciar su exquisito sabor, algo ácido, y su aroma semejante al de la manzana.
4. **Murrapo o plátano bocado:** Es un plátano pequeño, dulce como el banano, aunque no tan perfumado. No es tan resistente para el transporte. Su cáscara, que es fina, suele cubrirse de pecas pardas, que según los cultivadores, establecen diferentes variedades.
5. **Guineo o Colicero:** Se caracteriza por las manchas negras en su piel.

1.2.4 Disponibilidad

En el país se cultivan alrededor de 152,275 ha de plátano y banano, con una producción total anual estimada para el año 2002 de 1'450,000 toneladas. El 71.5% de las áreas de cultivo se localizan en la selva, el 22% en la costa norte (Piura y Tumbes) y un 6.5% en diferentes departamentos del país. (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2002)

Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y la diferencia es para la comercialización regional, nacional y para exportación. (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2002)

1.2.5 Uso actual

Tanto las hojas como los pseudotallos de la planta de plátano, son utilizados como abono de sus propios suelos, ya que aún no existe ningún uso industrial. Es decir, luego de recoger las manos de plátano, se deja que la planta se pudra hasta que pierda fuerza y pueda tumbarse, al estar caída se termina de secar y es así como se incorpora al suelo como abono. (Garrido, 2012)

Las hojas también son utilizadas como envoltura de tamales², pero no existe un estudio que determine la cantidad usada para dicho fin. (Garrido, 2012)

1.3 ESTUDIO DEL ETANOL

Líquido incoloro e inflamable, compuesto por dos átomos de carbono, seis de hidrógeno y uno de oxígeno.

El etanol es una alternativa atractiva para las empresas que se encuentran en la rama químico-industrial, médico-farmacéutico; así como los interesados en la producción de biocombustibles; debido a su alto desempeño en los motores de combustión interna. (Universidad Nacional de Colombia, 2005)

² Plato típico peruano



1.3.1 Características

1. Los procesos de producción de etanol involucran materias primas como la caña de azúcar, maíz que compiten con la industria de producción de alimentos.
2. Su obtención y utilización a gran escala implica una reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
3. Este combustible renovable puede disminuir o aliviar el efecto invernadero
4. La variedad de materia prima y los métodos de transformación da lugar a múltiples variantes en la configuración del esquema tecnológico de obtención de bioetanol. (Universidad de Cádiz, 2007)
5. Se produce a partir de fuentes renovables. (MINCETUR)
6. Presenta un elevado índice de octanaje (105), favoreciendo la combustión y evitando el golpeteo. (MINCETUR)
7. Produce menos dióxido de carbono que la gasolina, aunque el impacto total, aunque el impacto total depende de los procesos de destilación y la eficiencia de los cultivos. (MINCETUR)
8. Genera menos monóxidos de carbono al utilizarse como aditivo en la gasolina. Con el uso de 10% de etanol en la mezcla se puede lograr un reducción de 25% a30% en la emisiones de CO. (MINCETUR)
9. Es menos inflamable que la gasolina y el diesel. (MINCETUR)
10. Baja toxicidad. (MINCETUR)
11. No emite compuestos de azufre. (MINCETUR)
12. La combinación de 90% de gasolina y 10% etanol puede ser usado en los vehículos sin ninguna modificación. (MINCETUR)

1.3.2 Materia prima usada para la elaboración de etanol

El bioetanol se obtiene a partir de caña de azúcar en países como Brasil e India; mientras que, en países como Francia utilizan melazas de remolacha azucarera.

A continuación se presenta una lista de materia prima más usada en el mundo:

MATERIA PRIMA	PAÍS PRODUCTOR	EMPRESA PRODUCTORA
Caña de azúcar	Brasil	Petrobras
	Estados Unidos	BP
Residuos Agrícolas	Francia	Abengoa
Cultivos energéticos	Estados Unidos	BP
	Italia	M&G - Chemtex
Hojas y tallos de maíz	Estados Unidos	Abengoa, DCE, POET
	China	COFCO/SINOPEC



Desechos municipales	Estados Unidos	Fiberight
Biomasa de madera	Estados Unidos	Mascoma
Paja de trigo	Dinamarca	Inbicon

TABLA 2: MATERIA PRIMA PARA ETANOL – FUENTE: NOVOZYMES

1.3.3 Proceso de obtención de etanol

Existen tres etapas fundamentales:

1.3.3.1 Hidrólisis

Consiste en la división de un compuesto por la acción del agua. Indica el fraccionamiento de los polímeros vegetales, y se puede obtener celulosa, hemicelulosa y lignina, oligómeros o monómeros. (Universidad de Cádiz, 2007)

Existen dos tipos de hidrólisis:

1. **Hidrólisis Enzimática:** Consiste en la adición de enzimas específicas o de cultivo de algún microorganismo que la pueda producir sobre el sustrato a utilizar.
2. **Hidrólisis Ácida:** Constituye una reacción heterogénea, en la que los reactivos están en fase sólida y el agente hidrolítico en fase acuosa. Este tipo de hidrólisis está condicionado a la estructura del elemento a hidrolizar.

1.3.3.2 Fermentación

Degradación anaeróbica de los compuestos orgánicos realizada por las enzimas de ciertos microorganismos, llamados fermentos. (Oceano, 1992)

La forma tradicional de fermentación es con proceso discontinuo, utilizando células libres, aunque presenta ciertos problemas, como: (Nuñez L. y., 1994)

1. Pérdida de eficacia que suponen los periodos de puesta en marcha y parada.
2. Mayores costos fijos del equipo, debido a su baja productividad.
3. No homogeneidad del producto obtenido.
4. Largos periodos de tiempo.

Mientras que, los equipos de operación continua son más fáciles de controlar, garantizando una mayor calidad del producto. (Universidad de Cádiz, 2007)

1.3.3.3 Destilación

Operación que se realiza calentando cuerpos sólidos, y recogiendo los gases y vapores que se desprenden. (Ocenano, 1992)



Existen diversos procesos de destilación, tales como: (Universida de Cádiz, 2007)

1. Destilación al vacío

El sistema para obtener etanol anhidro consta de dos columnas consecutivas, una que es alimentada con una solución diluida y la segunda en la que se hace el vacío para deshidratar el etanol. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caisedo, 2006)

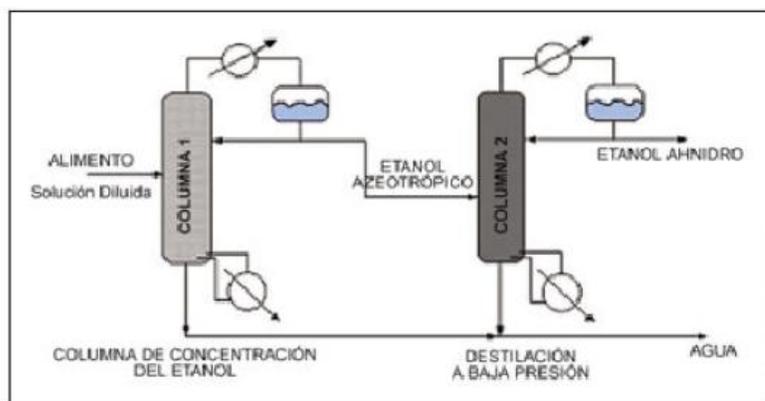


ILUSTRACIÓN 1: DESTILACIÓN A VACÍO (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDO, 2006)

2. Destilación azeotrópica

Este sistema utiliza tres columnas; la primera concentra la solución alcohólica hasta un punto cercano al azeotrópico, de la segunda columna se obtiene un azeótropo³ heterogéneo y, por último, la tercera columna se alimenta de la fase acuosa del azeótropo formado para retirar el disolvente remanente⁴ y devolverlo a la columna dos. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caisedo, 2006)

³ Un azeótropo o mezcla azeotrópica es una mezcla líquida de dos o más compuestos químicos que hierven a temperatura constante y que se comportan como si estuviesen formadas por un solo componente.

⁴ Residuo o reserva de una cosa.

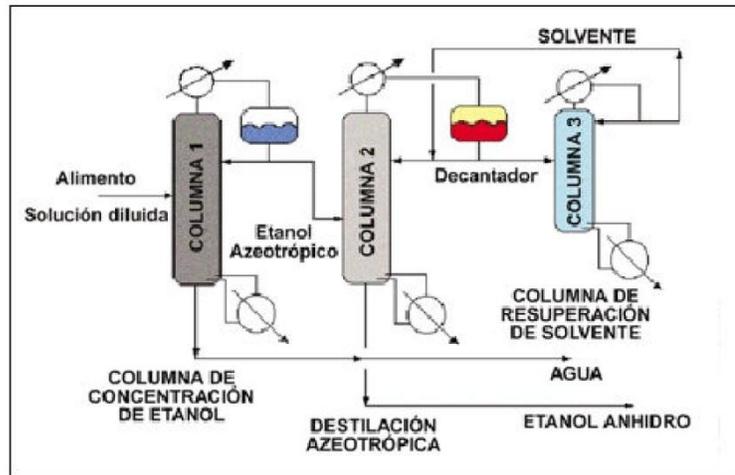


ILUSTRACIÓN 2: DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDÓ, 2006)

3. Destilación extractiva

Es un proceso de vaporización parcial en presencia de un disolvente no volátil y de alto punto de ebullición, el cual se adiciona a la mezcla azeotrópica para modificar la volatilidad relativa del componente clave. Su sistema consta de dos columnas de y un sistema de regeneración del disolvente. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caisedo, 2006)

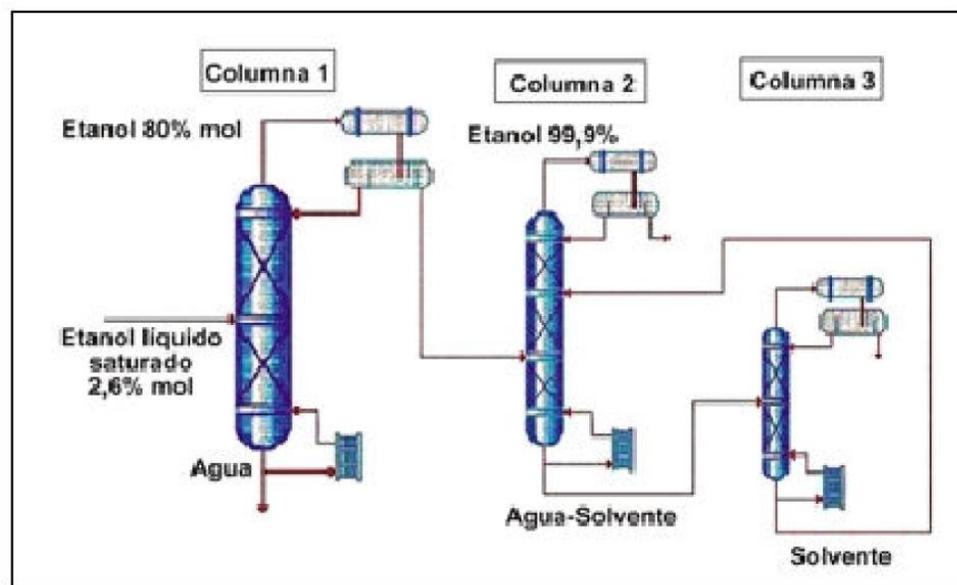


ILUSTRACIÓN 3: DESTILACIÓN EXTRACTIVA (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDÓ, 2006)



4. Tamices moleculares (Deshidratación)

Son sustancias granulares fabricados a partir de aluminosilicatos de potasio, que se caracterizan por su capacidad de retener sobre su superficie algunos tipos de especies químicas, que por lo general son disolventes. La operación de separación por tamices moleculares puede darse en fase líquida o de vapor. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caisedo, 2006)

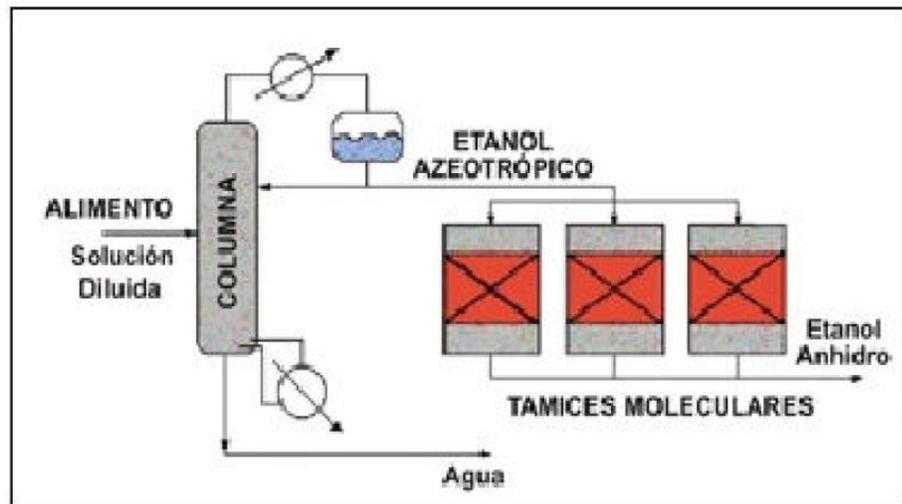


ILUSTRACIÓN 4: SISTEMA DE TAMICES MOLECULARES (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDO, 2006)

5. Pervaporación

Es un proceso relativamente nuevo y más complejo, que remueve compuestos orgánicos volátiles de mezclas acuosas y presenta elementos en común con la ósmosis inversa y la separación de gases. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caisedo, 2006)

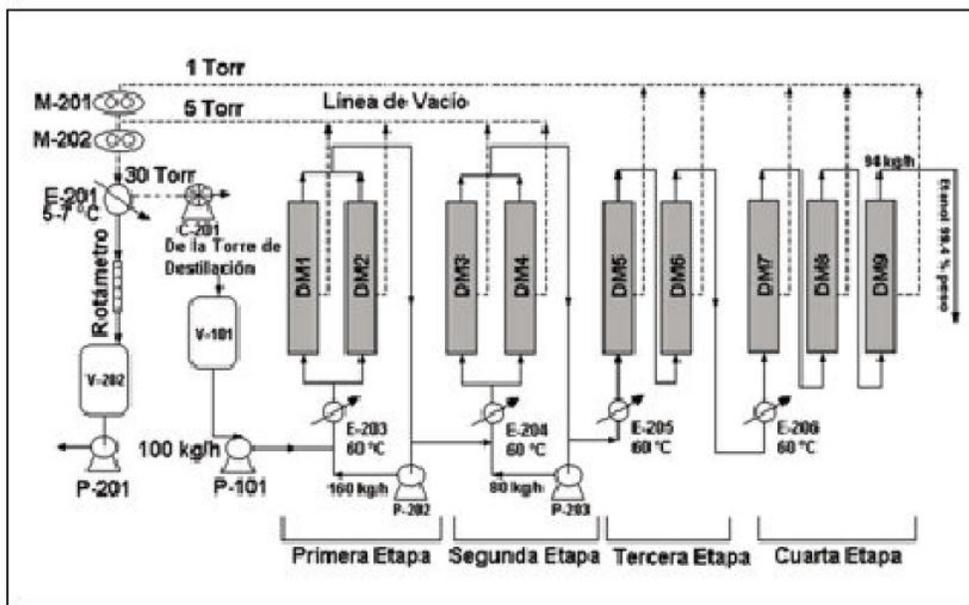


ILUSTRACIÓN 5: PERVAPORACIÓN (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDÓ, 2006)

6. Procesos híbridos

Es la tecnología más prometedora para la deshidratación de etanol, en especial para el sistema de destilación-pervaporización, añadiéndose como beneficio principal la disminución considerable de los costos de inversión y de operación. (Gil, Aguilar, Rodríguez, & Caicedo, 2006)

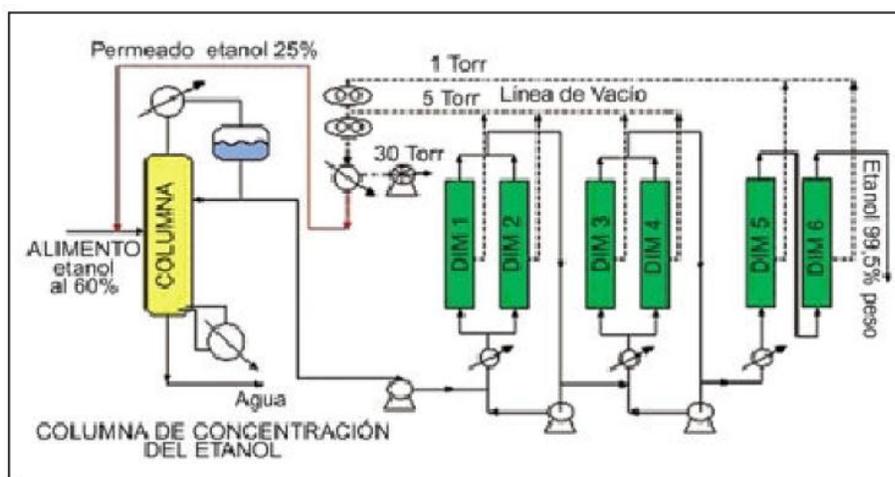


ILUSTRACIÓN 6: DIAGRAMA DE PROCESOS HIBRIDOS (GIL, AGUILAR, RODRÍGUEZ, & CAISEDÓ, 2006)



CAPÍTULO II: ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD

En este capítulo se desarrollará el estudio de pre factibilidad, según información obtenida de diversas fuentes del gobierno nacional como del sector privado, por ejemplo: la empresa Caña Brava.

El objetivo que se espera alcanzar con este estudio es determinar la pre factibilidad del proyecto.

2.1 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD TÉCNICA

En este punto se trata de justificar la viabilidad técnica del proyecto en marcha.

1. Existen estudios realizados por un grupo de investigadores de Colombia y Brasil sobre la obtención de etanol a partir de excedentes de banano; para lograrlo han utilizado procedimientos químicos con equipos accesibles en el mercado. En dicho estudio, se concluye que la producción de etanol a partir de los excedentes orgánicos del banano (tallo, pseudotallo y fruto) es viable técnicamente, ya que el rendimiento volumétrico obtenido es de 19.8 L/ton de materia prima y, que el balance energético resultante es positivo, en el cual se aprecia que la energía utilizada es menor que la energía obtenida en el proceso. (Velásquez Arredondo, Ruiz Colorado, & Oliveira Junior, 2007).
2. El empleo de celulosa, hemicelulosa y lignina para la producción de energía es muy pequeño en comparación a la cantidad de dichos recursos en el mundo. A pesar de que estos productos constituyen la fuente más abundante de carbono orgánico, hasta el momento, es más económico el uso de recursos fósiles. (Universidad de Cádiz, 2007)
3. Las materias primas más adecuadas para la producción de etanol son de alto contenido en azúcar, como los cultivos de caña de azúcar, remolacha azucarera, melazas y frutas, debido a que sus componentes principales son azúcares que pueden ser fácilmente convertidos en etanol. La conversión de la base de almidón, cultivos como maíz, cereales y patatas es más compleja que la de los cultivos a base de azúcar, ya que contienen hidratos de carbono que debe ser primero convertido en azúcares simples (glucosa) y después se fermenta a etanol. Del mismo modo, la materia prima lignocelulósica que se derivan de los residuos agrícolas y forestales, residuos industriales, árboles, hierbas, y el material en los residuos sólidos municipales también requieren la ruptura de cadenas de azúcar en azúcares simples antes de la fermentación. (ELSEVIER, 2010)
4. La técnica más usual para la producción de etanol azeotrópica es la destilación convencional. La demanda energética con esta técnica presenta una dependencia de la composición de la alimentación y de la operación de la columna de destilación. (Universidad de Cádiz, 2007)
5. La técnica más utilizada para romper el azeótropo y producir etanol anhidro, es la adición de un agente a la mezcla, que altere la volatilidad de uno de los componentes. Mientras el



agente sea más volátil que el agua, el proceso es denominado destilación azeotrópica. (Universidad de Cádiz, 2007)

2.2 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD AMBIENTAL

2.2.1 Estudio de Impacto Ambiental

En este estudio se muestran los posibles conflictos que pueden existir al implantar una planta de obtención de etanol; así como, las posibles soluciones para poder mitigar los impactos negativos como contaminación de agua, aire y suelo.

2.2.1.1 Conflictos con la población local

Conflictos causadas por las actividades de implementación del Proyecto que involucraban un cambio de la dinámica local, debido al mayor tránsito de vehículos y maquinarias causantes del incremento en los niveles sonoros y de la mayor concentración de material suspendido por los alrededores; lo cual podría haber generado que parte de los pobladores de las localidades como San Jacinto, La Huaca, Montenegro, Algarrobo, Las Ánimas, entre otros, muestren un rechazo inicial hacia la empresa Agrícola del Chira S.A., titular del Proyecto Agroindustrial Caña Brava. Las medidas tomadas fueron: (Proyecto Caña Brava)

- Establecer coordinaciones con los pobladores de los asentamientos humanos y localidades de los distritos aledaños a las áreas del Proyecto, a fin de lograr acuerdos y solucionar los posibles conflictos que se puedan presentar.
- Mantener una política permanente de difusión de las actividades entre la población y dirigentes locales. Involucrados en el Área de Influencia del Proyecto.

2.2.1.2 Alteración de la calidad del suelo

Debido al derrame de aceites, grasa y combustible de maquinarias y equipos empleados en las actividades de construcción y/o operación de la planta industrial. Las medidas tomadas fueron: (Proyecto Caña Brava)

- Acondicionar de manera adecuada las zonas donde se instalarían los equipos y maquinarias a emplear.
- Realizar un mantenimiento permanente de los equipos a emplear en cada una de las etapas del Proyecto (construcción y puesta en marcha).
- Establecer un área al interior de la planta industrial, debidamente delimitada y señalizada para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos como chatarra, envases de aceites y lubricantes, pintura, etc.
- Implementar una losa de concreto en el área destinada al almacenamiento temporal de residuos sólidos.



2.2.1.3 La contaminación del agua y los conflictos en el uso del agua para el riego de cultivos

Debido a que el empleo de las aguas de los canales Norte, Sur y Daniel Escobar, ocasionaría malestar en parte de la población, principalmente de aquella dedicada a la agricultura y quienes asumirían que la captación de agua para el riego de los terrenos de cultivo del Proyecto Caña Brava, pondría en riesgo la satisfacción de sus requerimientos. Las medidas tomadas fueron:

- Realizar las coordinaciones para la obtención del permiso de uso de agua ante el Administrador Técnico del Distrito de Riego.
- Informar a la población de cada una de las localidades comprometidas y de los volúmenes de agua a emplear en cada una de las etapas del Proyecto.

Desde la puesta en marcha del proyecto Caña Brava, hasta la fecha, no se ha presentado incidentes relevantes sobre el impacto ambiental generado; lo que hace suponer que este proyecto sigue siendo viable ambientalmente.

2.2.1 Conflictos y plan de contingencia de instalar una planta de etanol en Sullana

En el siguiente texto se desarrolla la identificación y evaluación de los impactos ambientales que se podrían generar durante la implantación de una planta de etanol a partir de hojas y pseudotallos de las plantas de plátano en Sullana, región Piura.

Para esto, hemos tenido en cuenta los diferentes conflictos ambientales, como por ejemplo: la contaminación de aguas, suelos y aire, con la finalidad de predecir el grado de posible alteración que el Proyecto podría ocasionar al ambiente.

1. Conflicto con algunos de los proveedores de materia prima (Agricultores de plátano), causado por querer utilizar los residuos de las plantas de plátano como fertilizantes o para envolturas de tamales en el caso de las hojas (llamas mancas en cuando se usan para preparar tamales). Las medidas a tomar:
 - Realizar un convenio con la asociación de agricultores de plátanos de Piura para garantizar la materia prima durante los próximos 10 años y una posterior renovación, fijando beneficios para ambos.
2. Contaminación de cuerpos de agua causado por el vertimiento de aguas residuales no tratadas, derivadas de nuestros procesos de producción. Medidas a tomar:
 - Implementar una poza de tratamiento de aguas residuales para que las vertientes sean las menos perjudiciales y, poderlas usar para el riego de cultivos aledaños. Asegurando que éstas tengan la concentración de componentes físicos, bioquímicos y orgánicos que se estipula en la ley. (Ministerio del Ambiente, 2008)



3. Contaminación del aire debido a la emisión de gases de efecto invernadero producidos por nuestros procesos. Medida a tomar:
 - Implementar un sistema de tratamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, para reducir la toxicidad y así evitar la contaminación del medio ambiente.
 - Sembrar más vegetación, para así mitigar el impacto que los gases tóxicos producidos por nuestros procesos que se puedan generar. Ése sembrío será dentro de espacios libres de la planta.
4. Contaminación de los suelos debido al derrame de aceites, grasas y combustibles utilizados al momento de llevar acabo nuestros procesos. Medidas a tomar:
 - Acondicionamiento del terreno a usar.
 - Mantenimiento periódico de la maquinaria a utilizar.
 - Limpieza periódica del terreno, asegurando un buen manejo de los residuos sólidos.

2.3 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD FINANCIERA

No existen estudios financieros de empresas, como por ejemplo Caña Brava o Maple, publicados en la web, ni de libre acceso al público en sus instalaciones. Pero el comentario del supervisor de operaciones de Caña Brava, afirman el éxito de los mencionados proyecto, lo cual hace suponer que nuestro proyecto es viable financieramente.

2.4 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD SOCIO – ECONÓMICA

2.4.1 Localización y Ubicación

2.4.1.1 Localización

Se ha realizado un estudio cualitativo de localización de la planta, en el cual se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. Se ha considerado 6 factores relevantes para la empresa “Etanol del Perú”, a los cuales se les ha asignado un peso entre 0.00 y 1.00. La suma de todos los pesos debe ser la unidad.
2. Luego, por cada zona y factor se asigna, según el criterio de la persona quien realiza el estudio, una calificación que va del 1 al 10.
3. Finalmente se multiplica cada peso por cada calificación, obteniéndose la ponderación de cada factor, para luego sumarlos según la zona y comparar el resultado obtenido de la zona A con el de la zona B.

Se han considerado dos zonas, debido a que son lugares en los que se encuentra la mayor producción de plátano en Perú (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura):



Zona A: Sullana, Piura.

Zona B: Yurimaguas, Loreto.

FACTOR	PESO	ZONA A		ZONA B	
		CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Disponibilidad de Materia Prima	0.35	6	2.1	7	2.45
Disponibilidad de Mano de Obra	0.15	7	1.05	5	0.75
Disponibilidad de Energía	0.10	6	0.6	4	0.4
Cercanía a empresa de producción de gasohol	0.20	8	1.6	4	0.8
Cercanía a puerto	0.15	8	1.2	4	0.6
Accesibilidad terrestre	0.05	7	0.35	5	0.25
	1.00		6.90		5.25

TABLA 3: ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

Del estudio realizado, se determina que la zona con mayor ponderación es la zona A: Sullana; es decir, la mejor localización de la planta será en Sullana, Piura.

2.4.1.2 Ubicación

Para determinar la ubicación de la planta de producción de etanol se han considerado los siguientes criterios:

1. Tamaño del terreno: Se necesita un terreno de 1 a más hectáreas, para poder instalar la planta el procesamiento de etanol. La región, así como la municipalidad de la zona debe permitir la instalación de la planta.
2. Suministro de agua: Se necesita el abastecimiento de agua industrial y de consumo humano.
3. Servicios públicos (disponibilidad y confiabilidad): Facilidad de acceso de servicios públicos.
4. Medios de transporte: Debe existir un fácil acceso a la planta, desde la ciudad hacia el mismo, y desde la planta hacia fábricas de producción de gasohol.
5. Aceptación de la comunidad: La población deberá ser informada de las actividades de la planta, de los beneficios que ésta ocasionará y también de los aspectos negativos y planes de mitigación que la planta considerará.

Para este análisis se ha considerado tres zonas:

- Zona A: Distrito de Salitral, Sullana.
- Zona B: Zona Industrial Municipal 5 de Sullana.
- Zona C: Zona Industrial Municipal 1 de Sullana.



FACTOR	PESO	ZONA A		ZONA B		ZONA C	
		CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Tamaño del terreno	0.35	8	2.8	4	1.4	2	0.7
Suministro de agua	0.25	7	1.75	6	1.5	4	1
Servicios públicos	0.05	8	0.4	8	0.4	8	0.4
Medios de transporte	0.15	8	1.2	6	0.9	6	0.9
Aceptación de la comunidad	0.20	8	1.6	7	1.4	6	1.2
		7	0	5	0	4	0
	1.00		7.75		5.60		4.20

TABLA 4: ESTUDIO DE UBICACIÓN

Del estudio realizado, se determina que la zona con mayor ponderación es la zona A: Distrito de Salitral, Sullana; es decir, la mejor ubicación de la planta será en el distrito de Salitral, Sullana.

2.4.2 Aspectos Socio - culturales

1. En cuanto al ruido ambiental las mediciones del nivel sonoro en las áreas externas se realizarán en horario diurno y nocturno (Gobierno Nacional de Perú, 2003).
2. El análisis del medio socio económico y cultural es vital para determinar la relación entre la ejecución del proyecto y la población situada cerca al área de influencia del mismo.
3. El número de habitantes de Sullana asciende a 156 600, 93% de la cual pertenece al casco urbano y 7% al casco rural 1 (Instituto Nacional De Estadísticas e Informática, 2007).

CATEGORÍA	SULLANA	
	POBLACIÓN	%
0-4	16,637	10.62
05 - 09	15,160	9.68
10 -14	16,755	10.7
15-19	16,006	10.22
20-24	13,736	8.77
25-29	12,741	8.14
30-34	12,075	7.71
35-39	10,839	6.92
40-44	9,753	6.23
45-49	8,241	5.26
50-54	6,660	4.25
55-59	4,738	3.03
60-64	3,923	2.51
65-69	3,043	1.94
70-74	2,379	1.52
75-79	1,931	1.23
80-84	1,002	0.64
85-89	634	0.4
90-94	228	0.15
95-99	120	0.08
Total	156,601	100

TABLA 5: POBLACIÓN DE INFLUENCIA (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS E INFORMÁTICA, 2007)



- Refiriéndonos a la vivienda, el 60% de la construcción son de paredes a base de ladrillos, un 23% de adobe y 17% de quincha; apreciándose lo vulnerable ante fenómenos naturales como El Niño, La Niña, que de ocurrir incrementarían la situación de pobreza y pobreza extrema en la Región Piura.

El proyecto pretende que los trabajadores adquieran una mayor calidad de vida, mejorando respecto a ello, su vivienda.

CATEGORÍA	Sullana	
	Población	%
Ladrillo o bloque de cemento	18,384	53.7
Adobe o tapia	7,930	23.2
Madera	717	2.1
Quincha	5,945	17.4
Estera	495	1.4
Piedra con barro	100	0.3
Piedra o sillar con cal o cemento	76	0.2
Otro	571	1.7
Total	34,218	100

TABLA 6: MATERIAL PREDOMINANTE EN VIVIENDAS (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS E INFORMÁTICA, 2007)

- Existe un alto índice de enfermedades respiratorias agudas, que afecta en mayor medida a la población infantil. Por otro lado, en cuanto a la desnutrición se han registrado 49,746 casos en la población infantil y jóvenes de sexo femenino, causante principal de la fatiga y el retardo en el crecimiento físico e intelectual (Ministerio de Salud, 2006).

2.4.3 Aspecto Económico

- Los altos precios de petróleo a nivel internacional y las consecuencias en los países en vías de desarrollo, se buscan energías alternativas que reduzcan esta dependencia y que abaraten los costos. (Velásquez Arredondo, Ruiz Colorado, & Oliveira Junior, 2007)
- Los elevados precios de las materias primas tradicionales son un factor determinante en la estructura de costos. (Universidad de Cádiz, 2007)
- La demanda de energía del proceso es un factor decisivo en la producción de etanol mediante procesos microbianos. En este sentido, los materiales lignocelulósicos pueden presentar un balance positivo, mediante la aplicación de pre tratamientos, hidrólisis, fermentación. (Universidad de Cádiz, 2007)
- Desde el punto de vista económico, se destaca que la producción de etanol contribuirá positivamente a la balanza comercial del país, de manera que supone una reducción de la importación del petróleo y la generación de empleo en el país. (Caña Brava, 2010)



2.5 ESTUDIO DE PRE VIABILIDAD LEGAL

En esta sección se ha desarrollado el análisis del marco legal e institucional que rige el estado peruano; previamente se ha revisado la normatividad nacional vigente, relacionada con los objetivos del proyecto, las instituciones a nivel central, regional y local que tendrán participación directa con la actividad agroindustrial, conservación ambiental y del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.

2.5.1 Normas del Sector de Biocombustibles aplicables al Proyecto

A continuación se mencionan algunas leyes, decretos supremos y directivas que brindan un panorama que debe afrontar el proyecto, en relación con el mercado de los biocombustibles.

1. Ley N° 28054, de Promoción del Mercado de Biocombustibles, promueve el desarrollo del mercado de biocombustibles, con el objeto de diversificar el mismo, fomentar el desarrollo agropecuario y agro industrial, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental y ofrecer un mercado alternativo en la lucha con las drogas. Además, brinda una definición de biocombustibles, las políticas generales aplicables a este mercado, así como las entidades estatales que deben ejecutarlas. (Congreso De La República, 2003)
2. Decreto Supremo N° 013-2005-EM, Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, tiene por objeto promover la producción y comercialización de Biocombustibles, difundiendo para ello las ventajas económicas sociales y ambientales de su uso. Reglamenta la definición de ciertos términos en los que se encuentra el etanol. (Presidente de la república, 2005)
3. Decreto Supremo N° 021-2007-EM, Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, este reglamento permite cumplir con el objeto de la Ley N° 28054, ya que la presente establece los requisitos para la comercialización y distribución de los biocombustibles puros y sus mezclas con combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos; señala las normas técnicas de calidad que se deben cumplir, las normas correspondientes para el registro de las mezclas de biocombustibles con combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos. (Presidente de la república, 2007)
4. Directiva N° 004-2007-PROINVERSIÓN, Lineamientos del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles – PROBIOCOM, Establece los lineamientos y grupos de trabajo para la aplicación de la Ley N° 28054, siendo la misma aplicable en el ámbito del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles. (Proinversión, 2007)



2.5.2 Normas de Salud aplicables al proyecto

A continuación se mencionan algunas leyes y decretos supremos que debe afrontar el proyecto, en relación con la salud de los trabajadores y de la comunidad involucrada.

1. La ley N° 28-60 – SAPL, reglamento de desagües industriales, presenta que no se permitirá por razones sanitarias, la descarga directa de los desagües y residuos industriales. Sólo permitirá la descarga directa de agua de los condensadores o de refrigeración.
2. La ley general de salud N° 27932, indica que la protección del ambiente es responsabilidad del Estado Peruano y de las personas naturales y jurídicas. (Art. 103)
Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de sustancias o desechos contaminantes al agua, aire o suelo, sin haberlo depurado en la forma señalada en las normas sanitarias y de protección del ambiente. (Art 104)
La autoridad de salud a nivel nacional dictará las medidas de prevención y control indispensables en el caso que la contaminación del ambiente signifique un riesgo o daño a la salud de las personas. (Art 106)
3. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, reglamento de estándares nacionales de la calidad del aire, establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, puntualizando los principales contaminantes del aire, siendo esto de referencia obligatoria en el diseño de las políticas ambientales.
4. Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, menciona que la gestión y manejo de residuos sólidos de origen agroindustrial, que se realicen dentro del ámbito de las áreas productivas e instalaciones industriales utilizadas para el desarrollo de dichas actividades, deben ser regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos regulatorios o de fiscalización correspondiente.
5. Decreto Supremo N°085-2003-PCM, reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruidos, establece los estándares nacionales de calidad ambiental para ruidos y los alineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud la población.
6. Decreto Supremo N° 009-2003-SA, reglamento de los niveles de estados de alerta nacionales para la contaminación del aire, se encarga de regular los niveles de estado de alerta para los contaminante del aire, activándose de forma inmediata un conjunto de



medias predeterminadas de corta duración destinadas a prevenir el riesgo a la salud y evitar la exposición excesiva de la población.

7. Ley de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos N° 28256, regula las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.
8. Decreto Supremo N° 057-2004, reglamento de la ley general de residuos sólidos, asegura que su gestión y manejo sean apropiados para prevenir riesgos sanitarios, además de promover y proteger la calidad ambiental, salud y bienestar del ser humano.
9. Decreto Supremo N° 015-2005-SA, reglamento sobre valores límites permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo; es aplicable a nivel nacional en todos los ambientes de trabajo donde se utilicen agentes o sustancias químicas o cancerígenas que puedan ocasionar riesgos o daños a la salud y seguridad de los trabajadores.
10. Ley de Declaratoria de Emergencia Ambiental N° 28804, regula el procedimiento para declarar en emergencia ambiental una determinada área geográfica, en caso de ocurrencia de algún daño ambiental súbito y significativo ocasionado por causas naturales, humanas o tecnológicas que deteriore el ambiente, ocasionando un problema de salud pública como consecuencia de la contaminación del aire, agua y el suelo, que amerite la acción inmediata sectorial a nivel local y regional.
11. Decreto Supremo N° 024-2008-PCM, Reglamento de la Ley de Declaratoria de Emergencia Ambiental, se menciona las causas y efectos de una emergencia ambiental.

2.5.3 Norma Agrarias aplicada al proyecto

Decreto Legislativo N° 653, Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario, indica la obligación del Estado de promover el uso eficiente de las tierras y las aguas, reflejándose en normas que regulan su protección, conservación y regulación.

2.5.4 Instituciones del Gobierno Regional y Local

A continuación se mencionan algunas funciones y responsabilidades que el Gobierno Regional y Local, supervisarán durante la ejecución y puesta en marcha del proyecto.



2.5.4.1 Gobierno Regional de Piura:

1. Formular, aprobar, ejecutar, evaluar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia ambiental y de ordenamiento territorial en concordancia con los planes de los gobiernos locales.
2. Implementar el sistema regional de gestión ambiental, en coordinación con las comisiones ambientales regionales.
3. Formular, coordinar, conducir y supervisar la aplicación de las estrategias regionales respecto a la diversidad biológica y sobre cambio climático dentro del marco de las estrategias nacionales respectivas.
4. Proponer la creación de las áreas de conservación regional y local en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
5. Proponer la educación e investigación ambiental en la región e incentivar la participación ciudadana en todos los niveles.
6. Participar en el diseño de proyectos de conformación de macro regiones.
7. Controlar y supervisar el cumplimiento de las normas, contratos, proyectos y estudios en materia ambiental y sobre uso racional de los recursos naturales, en su respectiva jurisdicción. Imponer infracciones ante la infracción de normas ambientales regionales.
8. Administrar, en coordinación con los gobiernos locales, las áreas protegidas comprendidas dentro de su jurisdicción, así como los territorios insulares. (Artículo 53) (Congreso De La República, 2002).

2.5.4.2 Gobierno Provincial: Sullana, Paíta, Piura.

- a) Aprobar el Plan de Acondicionamiento Territorial de nivel provincial, que identifique las áreas urbanas y de expansión urbana, así como las áreas de protección o de seguridad por riesgos naturales; las áreas agrícolas y las áreas de conservación ambiental.
- b) Aprobar el Plan de Desarrollo Urbano, el Plan de Desarrollo Rural, el Esquema de Zonificación de áreas urbanas, el Plan de Desarrollo de Asentamientos Humanos; además planes específicos de acuerdo con el Plan de Acondicionamiento Territorial.
- c) Pronunciarse respecto de las acciones de demarcación territorial en la provincia.
- d) Aprobar la regulación provincial respecto del otorgamiento de licencias y las labores de control y fiscalización de las municipalidades distritales en las materias reguladas por los planes antes mencionados, de acuerdo con las normas técnicas de la materia, sobre:
 1. Otorgamiento de licencias de construcción, remodelación o demolición.
 2. Reconocimiento, verificación, titulación y saneamiento físico legal de asentamientos humanos.
 3. Seguridad del Sistema de Defensa Civil.
 4. Estudios de Impacto Ambiental (Artículo 79- Organización del espacio físico y uso del suelo) (Congreso De La República, 2003)



CAPÍTULO III: INVESTIGACIÓN DE MERCADO

En este capítulo, se describirá la situación actual del mercado peruano del etanol, dado que para este proyecto se ha definido como mercado objetivo: Perú.

Pero cabe hacer una pequeña descripción del mercado internacional, dado que el crecimiento de una empresa de producción de etanol debe contemplar la exportación de este producto, debido a la necesidad que éste tiene en distintos países; pero la ampliación correspondería a una segunda etapa del proyecto, considerándose como otro proyecto.

El objetivo de este capítulo es determinar la situación del mercado natural del etanol.

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO INTERNACIONAL DE ETANOL

El etanol es usado principalmente como una fuente importante de combustible para ser mezclado con el petróleo o de lo contrario para reemplazar algunos derivados. Asimismo, es considerado como insumo en las industrias de cosméticos, farmacéutica, química, elaboración de bebidas, entre otras.

Países como Brasil, EE.UU., la India, Colombia, Tailandia, y la mayoría de países industrializados están comprometidos a emplear el etanol como combustible automotor alternativo, motivado por las preocupaciones ambientales y por la búsqueda de otras alternativas al consumo de hidrocarburos. Además, las importaciones de petróleo, se acrecientan cada vez más a nivel mundial, producto de la industrialización de estos países, lo que ocasiona grandes desembolsos económicos y pérdida de la calidad ambiental de estas naciones. (Caña Brava, 2011)

El 2005, las importaciones mundiales de etanol alcanzaron los 51.5 miles de millones de galones; siendo los principales importadores: Unión Europea con 39.2% y los Estados Unidos con 18.5%. Se proyecta que el consumo en la Unión Europea alcanzará los 1.7 miles de millones de galones en el 2016. Mientras que, en Estados Unidos, el consumo de etanol ha venido incrementándose aceleradamente, al ser un sustituto de los aditivos oxigenantes que elevan el octanaje de la gasolina, con el fin de cumplir con las normas relativas a la calidad del aire, agua, subsuelo y para disminuir la dependencia al petróleo. (Castro Pareja, Sevilla Sevilla, & Coello Guevara, 2008)

El consumo de etanol en China se incrementaría a 1,4 miles de millones de galones antes del 2016. Aunque actualmente China es un exportador neto de etanol, se estima que en el 2016 tendrá que importar 133 millones de galones. De otro lado, el consumo de etanol en la India habría ascendido a 603,8 millones de galones durante el 2006, y podría alcanzar 763,1 millones de galones en el 2016, con unas importaciones netas de 118,2 millones de galones en ese año. Este crecimiento en la demanda de etanol se debe a que diversos países han declarado o están planeando incluir el etanol en su matriz de consumo de combustibles:



	País	%	Situación
Mezcla de etanol obligatoria	Brasil	20%	Será incrementado a 25% en 2007?
	Tailandia	10%	Sólo en Bangkok, pero será extendido.
	India	5%	Ya en algunos estados, en todo el país desde el 01/10/2007.
	Suecia	5%	En todo el país.
	Holanda	2%	Desde enero 2007.
	China	5%	Obligatorio en 5 provincias.
	Colombia	10%	Obligatorio en Cali, Bogotá y Popayán.
	Filipinas	5%	En todo el país desde enero 2007.
En planes de mezcla obligatoria	Francia	5%	¿Planeado para 2010?
	Reino unido	5%	¿Planeado para 2010?
	Japón	3%	Actualmente opcional. Metas del gobierno 10%.
	Taiwan	20%	Sin fecha fija.
	Bolivia	25%	Sin fecha fija.
	Costa Rica	5%	Sin fecha fija.
	Argentina	5%	Gradual en un plazo de 5 años.
	Canadá	5%	Planeado para 2010.

TABLA 7: METAS DE UTILIZACIÓN DE ETANOL POR PAÍSES (CASTRO PAREJA, SEVILLA SEVILLA, & COELLO GUEVARA, 2008)

3.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO NACIONAL DE ETANOL

Hasta la fecha, no existe el comercio exterior de biocombustibles, pero sí de productos relacionados.

A pesar de que en los últimos años la producción azucarera se está recuperando, la demanda interna sigue superando a la producción nacional de azúcar. Así, en el año 2006 el consumo nacional de azúcar fue de 7.5 millones de toneladas, mientras que la producción fue de 7.2 millones de toneladas. En ese mismo año el Perú importó 243 mil toneladas de azúcar refinada, y al mismo tiempo exportó 108 mil toneladas de azúcar de caña en bruto. Para el 2007 se estimaba que se llegaría a cubrir un 90% de la demanda interna de azúcar con la producción nacional, y que para el 2008, si las condiciones climáticas eran adecuadas, se empezarían a generar excedentes. Se espera que estos excedentes se destinen principalmente a la producción de etanol para la exportación. (Castro Pareja, Sevilla Sevilla, & Coello Guevara, 2008)

A partir de 1999 el Perú comenzó a exportar alcohol etílico sin desnaturalizar⁵, como resultado del inicio de operaciones comerciales hacia el exterior por parte del Complejo Agroindustrial Cartavio S.A. y Quimpac S.A. En el año 2004 se exportaron 6,1 millones de litros de alcohol etílico no desnaturalizado, a un precio promedio de US\$ 0,27 por litro. El mismo año, sin embargo, las importaciones formales de alcohol ascendieron a 10,5 millones de litros a un precio de 0,21 US\$/litro, y se estima que de contrabando ingresan unos 11 millones de litros adicionales. (Castro Pareja, Sevilla Sevilla, & Coello Guevara, 2008)

⁵ Este etanol es diferente del utilizado para mezclas con la gasolina, pues su grado de pureza es menor.



Un aspecto importante a considerar antes de que se pueda comercializar el etanol como un producto en el mercado internacional, es que se necesita realizar fuertes inversiones en infraestructura de transporte y de logística. (Caña Brava, 2010)

La demanda estimada de etanol a nivel nacional, como aditivo en la gasolina, es de 162 mil m³/año. Cifra que se espera continúe en crecimiento los próximos años. (Caña Brava, 2010)

Además, el etanol es requerido en distintos tipos de industrias: (TechnoServe Inc.)

- ETBE (Etil terciario butil éter): aditivo para mejorar el octanaje de la gasolina que reemplaza el MTBE en la gasolina sin plomo.
- Etanol E10: Es una mezcla que contiene 90% de gasolina y 10% de etanol combustible. Se puede utilizar en los vehículos convencionales con gasolina.
- Etanol E20 ó E85: Son mezclas con gasolina que pueden contener 22% u 85% de etanol combustible; pero es una opción aplicable a vehículos de última generación.
- Etanol E100: Es un combustible constituido por etanol al 100%. Utilizado en vehículos de última generación adaptable a este tipo de combustible.
- Alcohol neutro: 96-97° GL. Se utiliza en la elaboración de licores, en aplicaciones químicas, biológicas y farmacológicas.
- Alcohol desnaturalizado: 90° GL. Se utiliza para fines industriales, como disolvente.
- Alcohol impuro: 70° y 90° GL. Se utiliza en la preparación de lociones y disolventes suaves.
- Alcohol anhidro: 99.6-99.8° GL. Es el alcohol deshidratado, que se utiliza como carburante en el Gasohol.

Por otro lado, la capacidad utilizada que hemos determinado durante el proceso de ejecución es de 57,5%; siendo la diferencia la capacidad ociosa que haciendo a 42,5%.



EXPORTACIONES ALCOHOL ETILICO-ETANOL			8	FUENTE: SUNAT		
MES	2,012			2,011		
	FOB	KILOS	PREC. PROM	FOB	KILOS	PREC. PROM
ENERO	4.469.781	5.097.433	0.88	3.729.384	4.939.628	0.75
FEBRERO	4.163.377	4.776.816	0.87	133.035	210.560	0.63
MARZO	5.356.283	6.249.952	0.86	2.206.374	2.967.174	0.74
ABRIL	1.293.751	1.242.110	1.04	312.460	374.400	0.83
MAYO	5.274.500	5.877.114	0.90	2.989.382	3.935.448	0.76
JUNIO	4.846.480	4.850.624	1.00	4.013.789	5.100.611	0.79
JULIO	6.065.896	6.591.881	0.92	3.110.246	3.664.218	0.85
AGOSTO	13.310.902	13.830.795	0.96	1.921.717	2.277.594	0.84
SEPTIEMBRE				2.994.334	3.699.162	0.81
OCTUBRE				4.440.805	5.134.297	0.86
NOVIEMBRE				3.626.046	4.322.082	0.84
DICIEMBRE				3.642.284	3.534.945	1.03
TOTALES AÑO	44.780.971	48.516.725	0.92	33.119.856	40.160.119	0.82
PROMEDIO MES	5.597.621	6.064.591		2.759.988	3.346.677	
%CREC.PROMEDIO	103%	81%	12%	-10%	-22%	15%

TABLA 8: PRECIO DEL ETANOL-FUENTE:SUNAT

En esta tabla se muestra la evolución de precios promedio del etanol durante el primer semestre del 2012.

3.3 PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA

Los principales proveedores de materia prima, hojas y pseudotallos de plátano, son los agricultores de plátano y banano orgánico de la región Piura, asociados a las organizaciones de productores de banano del Chira - Piura:

CEPIBO: La Central Piurana de Asociaciones de Pequeños Productores de Banano Orgánico, es una asociación civil de segundo piso creada en agosto del año 2003. Conformada por 5 asociaciones inscritas, y 2 que se encuentran en proceso de incorporación, representa a 1,200 productores con aproximadamente 1,900 has. De banano orgánico cultivado. A continuación se mencionan las asociaciones inscritas:

- Asociación de Pequeños Productores de Banano Orgánico de Salitral - APPBOSA
- Asociación de Micro - Productores de Banano Orgánico - AMPBAO
- Asociación de Productores Orgánicos Querecotillo - APOQ
- Asociación de Productores Orgánicos Regional - APBORT
- Asociación de Pequeños Productores de Banano Orgánico – APBOS

Para este proyecto se ha considerado sólo la región Piura, a pesar de que en Tumbes y en la región oriente del Perú también se produce el plátano como fruto para consumo humano.



CAPÍTULO IV: INGENIERÍA DEL PROYECTO

El objetivo general de este capítulo es la creación de los documentos de una ingeniería conceptual, adaptada al caso de un proceso continuo de producción de etanol a partir de residuos agrícolas de banano.

A partir de la información recopilada e investigaciones de las fuentes indexadas y bases de datos, se puede dibujar un diagrama de unidades de un proceso entero con su respectiva tecnología. Este diagrama es la base para dibujar los flujos principales del proceso continuo.

El diseño puede considerarse como una síntesis de los diferentes procesos vistos y mejoras en las operaciones unitarias que conforman estos procesos.

Es importante destacar que solo las fases de deslignificación e hidrólisis enzimática (por medio de un biorreactor) utilizan nuevas tecnologías mientras que en las fases de desfibrado, neutralización, filtración, destilación y deshidratación se emplea tecnología ya conocida y utilizada en la mayoría de las plantas productoras de etanol.

3.4 PROCESOS

A continuación se detallan los procesos involucrados en la elaboración de etanol.

3.4.1 Recepción de la Materia Prima

Los agricultores de Sullana son las personas encargadas de cortar la materia prima, fase que se realizará luego de cada cosecha de plátano.

Debido a que dicho fruto se cosecha durante todo el año, para cada agricultor es distinta las fechas de cosecha; esta situación se ha analizado y se ha llegado a la conclusión de que la materia prima será recogida quincenalmente. Si bien es cierto, la materia prima se pudre, lo que nosotros necesitamos es la materia prima seca, es por ello que, no es imprescindible que esté fresca al momento de la recolección.

La materia prima cortada será llevada por los agricultores a la zona de acopio que cada agricultor posee dentro de su parcela, para luego ser recogido por los camiones de la empresa contratada para dicho fin y llevada finalmente a la planta de obtención de etanol.

Los residuos agrícolas de plátano ingresarán a la planta y serán pesados en una báscula para camiones con sistema de pesa automática, para luego ingresar a un sistema de muestra automático que será enviada al laboratorio para su respectivo análisis. La descarga se realizará por medio de un descargador estacionario hacia la mesa de inicio del proceso.

3.4.2 Desfibrado

El proceso de desfibrado es un tratamiento mecánico que se realiza para poder romper y reducir el tamaño de la fibra de lignocelulosa, disminuyendo la humedad y facilitando los procesos posteriores, sin embargo, tiene un efecto mínimo en los rendimientos de la hidrólisis y fermentación.



3.4.3 Deslignificación

Se denomina deslignificación a la eliminación selectiva de la lignina de los materiales lignocelulósicos. En todos los casos prácticos ello se consigue fragmentando la lignina y haciendo disolver los fragmentos a la fase líquida. (Nuñez C. E., 2008)

La deslignificación se lleva a cabo por la solubilización de la lignina y separación de las fibras. A gran escala no se puede llevar a cabo mediante disolventes orgánicos, por lo que los procesos comerciales de deslignificación se basan en la solubilización de la lignina en medios acuosos. (Tesis Doctorales en Red) Debido a que la lignina es insoluble en agua, el medio acuoso utilizado en la mayoría de los casos es ácidos o álcalis.

Tecnología sugerida (Nuñez C. E., 2008)

El tipo de deslignificación escogida es el proceso Kraft o deslignificación alcalina, debido a sus rendimientos que varían entre 40 y 60 %, a sus bajos tiempos de cocción y a que puede ser utilizada tanto en residuos agrícolas como en maderas blandas.

El agente químico utilizado es una mezcla de NaOH y CaSO₄ (en nuestro caso). El sulfato de calcio funciona como un catalizador de la reacción y posteriormente es retirada como hidróxido de calcio y sulfato de sodio (en el filtrado).

Los digestores, tanques de deslignificación, pueden operar en discontinuo a temperaturas de 160 a 180 °C con tiempos de entre 4 y 6 horas o en continuo a temperaturas de entre 190 y 200 °C con tiempos de cocción de 15 a 30 minutos. (Tesis Doctorales en Red)

3.4.4 Neutralización

La neutralización consiste en la inhibición entre un ácido y una base, el resultado de esta reacción química es una sal neutra y agua.

Las reacciones de neutralización son exotérmicas, es decir, desprender energía en forma de calor.

En el presente proceso continuo de producción de etanol, la neutralización se emplea con el fin de inhibir el NaOH que se ha utilizado en la deslignificación por medio de una solución de ácido sulfúrico. Esto es necesario debido a que en la fermentación los microorganismos necesitan tener un pH adecuado para poder reproducirse y metabolizar la glucosa.

3.4.5 Filtración

Es una técnica de separación mecánica en donde la mezcla se bombea a través de un medio poroso, los sólidos de gran tamaño quedan retenidos mientras que la mayor parte del fluido la atraviesa. (Universidad de Piura, 2011)

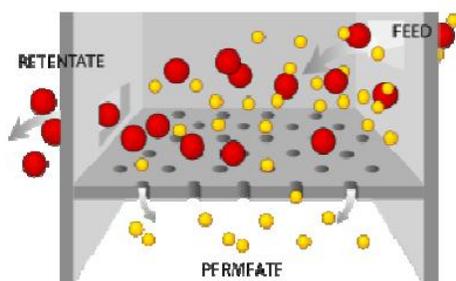


ILUSTRACIÓN 7: FILTRACIÓN (UNIVERSIDAD DE PIURA, 2011)

Tecnología sugerida

Para el proceso de filtrado se usa un tamiz rotativo el cual es una máquina destinada para la filtración o tamizado de líquidos en general con el objeto de separar los sólidos de los líquidos. El tamiz rotativo está conformado por un cilindro filtrante, lo que se denomina el cuerpo, en el cual se encuentran unas cajas en donde se recibe el líquido a filtrar y en otra el líquido filtrado, y la raqueta de limpieza la cual está montada sobre el cilindro filtrante encargándose de limpiar todo el cilindro.

3.4.6 Hidrólisis Enzimática

La hidrólisis enzimática es llevada a cabo por enzimas celulosas que poseen una alta especificidad. Los productos de éste tipo de hidrólisis son en su mayoría pentosas y hexosas, entre ellas la glucosa, las cuales sirven posteriormente como fuente de azúcares para el proceso de fermentación. (Universidad de Chile, 2010)

La hidrólisis enzimática se realiza en condiciones relativamente suaves (pH 4,8 y temperatura entre 45-50°C), además no existe el problema de la corrosión. (Universidad de Chile, 2010)

Normalmente en la hidrólisis enzimática se emplea una mezcla de varias enzimas como las endoglucanasas, exoglucanasas y b-glucosidasas. (Universidad de Chile, 2010)

3.4.7 Fermentación

La fermentación es una reacción biorreacción en el que una molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono.

La conversión se representa mediante la fórmula:



Los principales organismos responsables de transformar los azúcares en alcoholes son las levaduras. La levadura más utilizada comercialmente es la *Saccharomyces cerevisiae*.



A pesar de parecer una reacción simple, la fermentación es en realidad una reacción compleja ya que las levaduras además de transformar los azúcares en alcoholes utilizan otros nutrientes para reproducirse. Para evaluar esta transformación se utilizan los rendimientos biomasa/producto y producto/sustrato. (Universidad Autónoma Metropolitana, 2006)

El rendimiento teórico para la fermentación es de 0.511 gr de etanol y 0.489 gr de CO₂ por 1 gr de glucosa, sin embargo, debido a que la levadura utiliza la glucosa para producir otros productos es difícil alcanzar éste rendimiento teórico. El rendimiento experimental varía entre 90 y 95 % del teórico y los rendimientos industriales varían entre 87 y 93 % del teórico. (Universidad Autónoma Metropolitana, 2007)

Tecnología sugerida

En el caso de la hidrólisis enzimática y la fermentación se ha optado por una tecnología innovadora que permite llevar éstos dos procesos de forma simultánea: un biorreactor.

El biorreactor ha sido diseñado por ENEA- Laboratorio de Tecnología y Equipo para la bioenergía y la energía solar térmica. El reactor consta de dos cámaras, en las que la hidrólisis enzimática y la fermentación se llevan a cabo simultáneamente (SSF) en cada una de éstas, separado por un medio poroso, a través del cual los solutos pueden difundirse. . (E. Viola, 2012)

Las ventajas del biorreactor es un aumento del 20% del rendimiento del etanol, evita la inhibición enzimática por la glucosa y proporciona un confinamiento de la lignina sólida en una sola cámara. Las desventajas del biorreactor es la dificultad en mantener una temperatura constante y adecuada para los microorganismos.

3.4.8 Destilación

La destilación es una operación de separación basada en el equilibrio de fases y utiliza el calor como agente separador. La destilación se basa en las diferencias de las presiones de vapor (puntos de ebullición) de los componentes de la mezcla y consiste en una columna de múltiples etapas, donde evaporación y condensación se repiten. (Universidad de Piura, 2011)

Tecnología sugerida

La destilación fraccionada es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con puntos de ebullición cercanos.

La destilación fraccionaria permite un mayor contacto entre los vapores y el líquido, habiendo así una mejor transferencia de calor.



La principal diferencia que tiene con la destilación simple es el uso de una columna de fraccionamiento. Ésta permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden, junto con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes "platos". Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores y los líquidos.

La destilación se hará en columnas de destilación las cuales tienen en su interior unos platillos que permiten hacer una destilación fraccionada. Para este proceso se usaran tres columnas, una de destilación y degasaje, otra de rectificación y degasaje y una rectificación además de un condensador vertical y cinco bombas que son utilizadas para la alimentación de la destilación, la recirculación de la destilación, la recirculación de la rectificación, la de la vinaza y la del vapor vivo.

Todo lo destilado pasa a un tanque de alcohol hidratado (etanol al 96% grados de pureza).

3.4.9 Deshidratación

La deshidratación es un proceso físico que consiste en la separación del agua de la mezcla, usualmente el proceso se lleva cabo retirándola bajo la forma de vapor.

En la operación intervienen dos fenómenos fundamentales:

- La transferencia de calor que aporta la energía necesaria para la transformación del agua en vapor.
- La transferencia del vapor de agua, a través y fuera de la mezcla.

Tecnología sugerida

En la deshidratación se ha optado por adsorción con tamices moleculares, debido a su excelente capacidad para retener sobre su superficie tipos definidos de especies químicas. Estas especies son por lo general solventes (agua) que se desean remover de una mezcla con el fin de obtener un producto deseado, como etanol al 99,7%.

La zeolita del tipo 3A se utiliza en la mayoría de los deshidratadores del etanol, debido a que las moléculas de etanol pasan a través del lecho sin experimentar tracción alguna mientras que las moléculas de agua quedan retenidas.

Los tamices moleculares pueden operar tanto en fase líquida como en vapor. En la operación en fase líquida se emplea un solo tamiz y la regeneración se realiza por medio de gas caliente lo que ocasiona un deterioro rápido del tamiz. En un sistema en fase vapor se suele utilizar dos lechos de tamiz molecular, en el primero se hacen pasar vapores de etanol azeotrópico mientras que en el segundo tamiz se lleva acabo de forma paralela la operación de regeneración. (Universidad Nacional de Colombia, 2004)

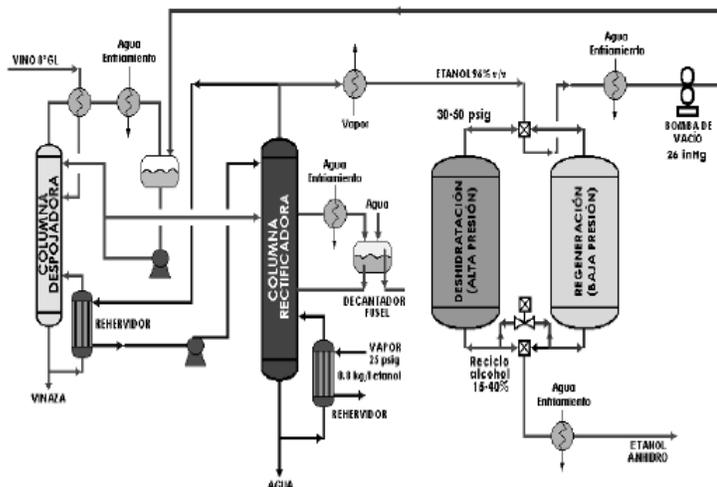


ILUSTRACIÓN 8: DESHIDRATACIÓN (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2004)

3.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

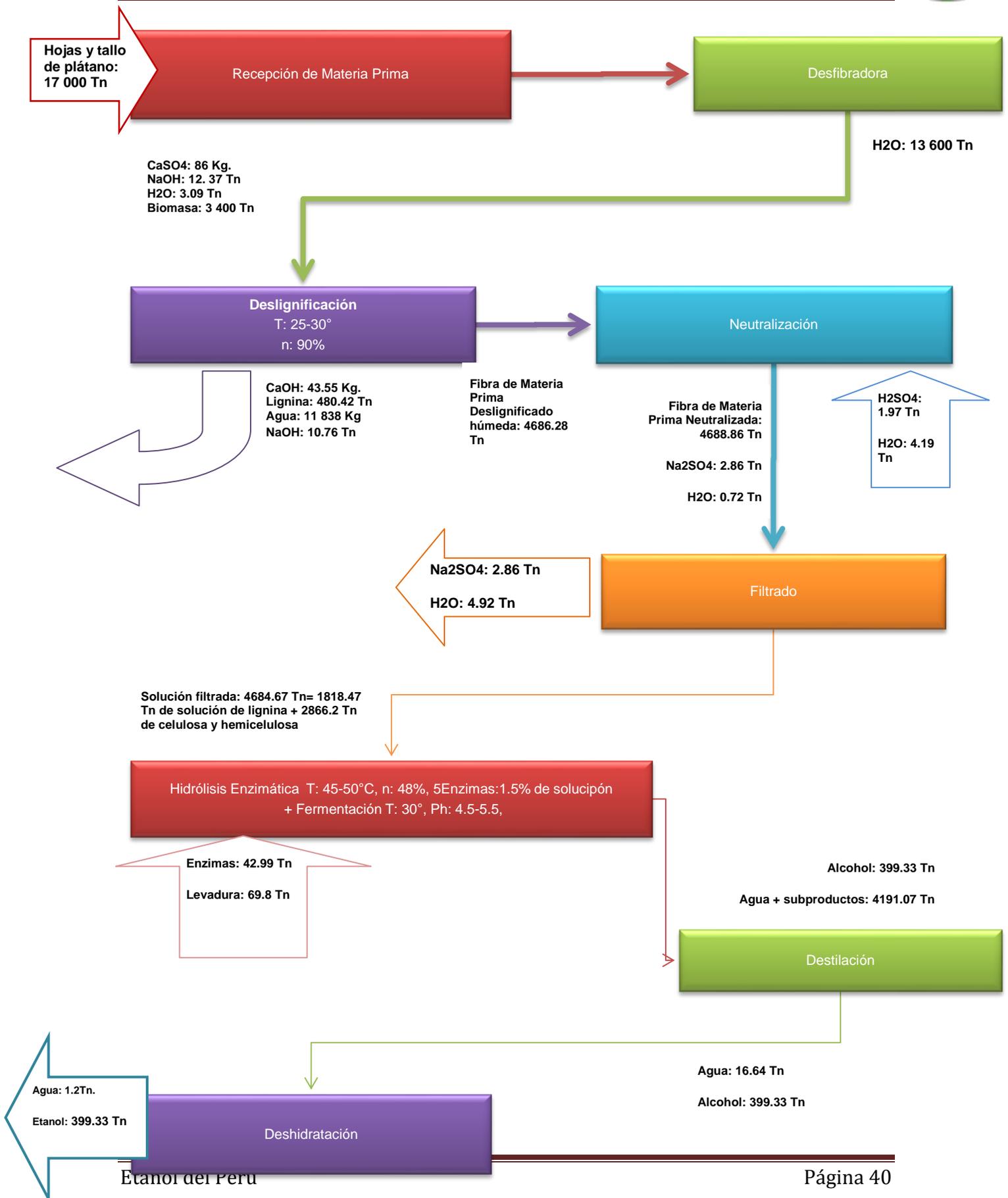
El consumo de etanol en el país está en fuerte aumento debido a que el sector automotriz y un gran número de industrias están comenzados a utilizarlo como fuente de energía. Además las nuevas normas legales establecen un contenido del 7,8% de etanol en el gasohol, normas que se pronostica que incrementarán en los próximos años el contenido obligatorio de etanol en el gasohol. **Fuente especificada no válida.**

En el Perú las principales empresas productoras de etanol, como Caña Brava, alcanzan una producción diaria de alrededor de 350 000 litros de etanol (Caña Brava, 2010). Según el Ministerio de Energía y Minas el Perú se encuentra en un proceso de cambio de su matriz energética, por lo que se pronostica un gran aumento en la demanda de biocombustibles para los próximos 5 años. Además Cámac indicó que solo se estaban produciendo la mitad de etanol que se requiere a nivel nacional (El Comercio, 2011).

En base a estos datos, parece razonable diseñar el proceso con una capacidad de 400 000 litros de etanol por día (capacidad instalada) en base a residuos de banano, que permita abastecer parte del mercado nacional de gasohol.

3.6 DISEÑO DEL PROCESO CONTINUO

3.6.1 Diagramas de Flujo





3.6.2 Descripción del flujo del proceso

1. El proceso de producción inicia con la recepción de la materia prima (hojas y tallos de plátano) transportada desde las plantaciones en camiones hacia la planta de producción de etanol.
2. La materia prima es llevado, por medio de unas fajas transportadoras, a un desfibrador para reducir el tamaño del material lignocelulósico a partículas de menor tamaño con el fin de facilitar los procesos siguientes.
3. Las particular desfibradas son transportadas hacia un reactor para la deslignificación Kraft. Una bomba alimenta un flujo de solución básica de hidróxido de sodio (80 % NaOH y 20 % agua) al reactor mientras que otra bomba alimenta CaSO_4 que funciona como catalizador de la reacción química, el proceso se lleva a cabo a una temperatura entre 25-30 °C y tiene un rendimiento del 90%. Las salidas de la deslignificación son dos corrientes de subproductos, una corriente de lignina más agua y otra corriente de hidróxido de calcio, y una corriente que alimenta al tanque de neutralización.
4. La corriente que alimenta al tanque de neutralización está compuesta casi en su totalidad por celulosa, hemicelulosa y agua. Una bomba alimenta una solución ácida de ácido sulfúrico (H_2SO_4 y agua) con el fin de disminuir el pH de la solución de biomasa y agua. La corriente de salida del tanque de neutralización consiste en una mezcla de biomasa, agua y sulfato de sodio.
5. La corriente proveniente del tanque de fermentación pasa a un proceso de filtrado que se realiza por medio de tamices rotativos. Las salidas del filtrador es una corriente de sulfato de sodio más agua y una solución filtrada que sirve de alimentación al biorreactor.
6. La solución de biomasa y agua pasa a un biorreactor en donde se lleva a de manera simultánea la hidrólisis enzimática y la fermentación. La hidrólisis enzimática se lleva cabo a 90 °C y con un pH de 4.5. La fermentación se lleva cabo por medio de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* a una temperatura de 30 °C y con unas condiciones de pH de 5. Estos dos procesos se realizan en dos cámaras separadas por una rejilla de acero que actúa como soporte para un filtrado.
7. Al proceso de destilación pasa un jugo fermentación compuesto en un 14 % de alcohol y 86% de una mezcla de agua y sólidos no fermentables. El proceso de destilación consiste en un sistema de tres columnas. La primera columna del sistema de destilación se denomina columna de cerveza, la cual divide la mezcla en un alcohol de 95 vol. % y un residuo llamado vinaza la cual puede ser usada en los cultivos agrícolas. El alcohol que sale de la parte superior de la columna de cerveza pasa a una segunda columna llamada columna rectificadora. Lo del fondo del rectificador pasa a una tercera columna denominada columna de separación la cual realiza un reflujo del alcohol al rectificador y lo que sale del fondo del separador es usado en el proceso de licuefacción (licuación) para



reducir el consumo de calor del proceso. Mientras tanto lo de la parte superior del rectificador (96 vol. %) pasa a la etapa de deshidratación.

8. El proceso de deshidratación es alimentado con un flujo de etanol al 96%. La deshidratación es realizada por medio de tamices moleculares y en fase vapor: (Universidad Nacional de Colombia, 2004)

En un primer lecho se hace pasar vapores de etanol azeotrópico, provenientes de una columna de rectificación y un vaporizador, para aumentar su presión entre 205 y 345KPa con temperaturas aproximadas de 423 K, desde la parte superior del lecho. En el lecho se almacena calor que será reutilizado en la regeneración.

En un segundo tamiz se lleva a cabo la operación de regeneración a presión reducida. La regeneración consiste en que al reducir la presión es posible retirar el agua que ha sido absorbida previamente en el primer tamiz, esto se hace recirculando entre 15-40% del etanol obtenido en el primer lecho. De la regeneración se obtiene etanol al 65 % que luego volverá a ser recirculado para obtener finalmente etanol al 99.7 %.

3.6.3 Balance de masa del proceso

A continuación se va a describir como se calcularon los balances de masa asociados a cada flujo importante del diagrama de flujo del proceso de obtención de etanol a partir de residuos agrícolas de plátano. Después de describir los parámetros del diseño, se presentarán en tablas las principales entradas y salidas de cada proceso con sus respectivas cantidades.

3.6.3.1 Parámetros de Diseño

Para evaluar los productos e insumos del proceso continuo, es necesario mencionar las especificaciones que se estiman razonables para las reacciones. Los puntos siguientes permiten explicar cuáles fueron los datos que se fijan:

- En la deslignificación cerca del 90 % de la lignina se elimina.
- El biorreactor empleado en el proceso híbrido de hidrólisis y fermentación (SSF) permite un aumento del 20% del rendimiento del etanol.
- En los procesos de destilación y deshidratación sumimos los rendimientos de plantas convencionales de producción de etanol.
- El subproducto de la deslignificación es una mezcla de lignina y agua.
- Los valores de entradas de los procesos de deslignificación y neutralización se basan en un estudio realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú sobre una planta piloto productora de etanol a partir de planta de banano, con capacidad de procesar hasta 1000 Kg/ día de materia prima.



Entradas (kg)		
NaOH	NaOH	0.16
	Agua	0.04
H ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	0.19
	Agua	0.42

TABLA 9: BALANCE MÁSICO DEL PROCESO DE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE MATERIAL LIGNOCELULÓSICO-FUENTE: ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE EXCEDENTES ORGÁNICOS DE BANANO

- La eficiencia máxima de reacción durante el proceso de fermentación es 51%. Sin embargo, otros compuestos son producidos como: aldehídos, alcoholes pesados, ácidos grasos, la biomasa residual, etc. Por lo tanto, sólo es posible alcanzar aproximadamente el 90% de esta conversión teórica: 0.46 Kg de etanol/ Kg de glucosa.
- Se cálculo el conjunto del flujo de manera de obtener 400 000 litros de etanol por día.

3.6.3.2 Balance de masas – Arnaldo

Insumos de entrada/ Procesos	Designificación		Neutralización		Filtrado		Hidrolisis	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Agua	13603.8 Tn	11838 Tn	1769.24 Tn		1769.24 Tn	4.92 Tn	1818.43 Tn	1818.43 Tn
Lignina	533.8 Tn	480.4 Tn	480.4 Tn		480.4 Tn			
celulosa y hemicelulosa	2866.2 Tn		2866.2 Tn		2866.2 Tn		2866.2 Tn	1490.42 Tn
NaOH	12.37 Tn	10.76 Tn	1.61 Tn		0		0	
CaSO4	0.09 Tn	0.04 Tn						
H2SO4			1.97 Tn		0		0	
Na2SO4					2.86 Tn	2.86 Tn		
Glucosa								1375.78 Tn
Enzimas							42.993 Tn	42.993 Tn
Levadura								
Etanol								
Rendimientos	90%		100%				48%	
PH			>7 PH	7 PH				



Insumos de entrada/ Procesos	Fermentación		destilación		Deshidratación	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
Agua		3448.15 Tn	3448.15 Tn		16.64 Tn	1.6 Tn
Lignina						
celulosa y hemicelulosa						
NaoH						
CaSO4						
H2SO4						
Na2SO4						
Glucosa	1375.78 Tn	742.92 Tn	742.92 Tn			
Enzimas						
Levadura	96.3 Tn					
Alcohol		399.33 m3	399.33 m3		399.33 m3	399.33 m3
Rendimientos	46%		96%		99.6%	
PH						

3.7 EQUIPOS Y MAQUINARIAS

En esta sección se describirán los equipos y maquinarias que deberán utilizarse en el proceso de obtención de etanol anhidro.

Procesos	Maquinaria	Unidades	Características
Picado	Desfibradora	1	Desfibradora pesada en línea está compuesta por un nivelador, un tambor de alimentación, un rotor, un yunque, seis martillos y una faja transportadora por donde pasa la materia.
Deslignificación	Tanques para deslignificación	4	Tanques de gran capacidad resistentes al hidróxido de sodio (NaOH)
Hidrolisis Enzimática	Tanques para hidrolisis enzimática	4	Tanques de gran capacidad resistentes al calor y con un agujero para acondicionar una tubería por donde saldrán los gases de la hidrolisis.
Filtrado	Tamiz rotativo	2	Máquina conformada por un cilindro filtrante, lo que se denomina el cuerpo, y la raqueta de limpieza la cual está montada sobre el cilindro filtrante encargándose de limpiar todo el cilindro.
Fermentación	Tanques de fermentación	4	Tanques de gran capacidad resistentes al calor y con un agujero para acondicionar una tubería por donde saldrán los gases de la fermentación (CO ₂).
Destilación	Torres de destilación	3	Columnas de destilación que trabajan a distintas presiones y que cuentan con unos platillos en su interior los cuales permiten hacer una destilación fraccionada.



La cantidad de máquinas y equipos ha sido determinada según las capacidades obtenidas en la ingeniería de proyecto.

3.7.1 Desfibradora

Una desfibradora es una máquina que utiliza un rotor compuesto de una serie de martillos que reducen la materia prima en tozos más pequeños para así poder utilizarlos en otros procesos que necesitan de partículas más pequeñas (en este caso una Deslignificación)



ILUSTRACIÓN 9: DESFIBRADORA PESADA EN LÍNEA ILUSTRACIÓN 10: ROTOR DE 6 CABEZAS

La desfibradora pesada en línea está compuesta por un (1) nivelador, (2) un tambor de alimentación, (3) un rotor, (4) un yunque, (5) seis martillos y (6) una faja transportadora por donde pasa la materia prima de forma continua. (Fives Cail)

3.7.2 Reactor de Deslignificación

El equipo usado para la deslignificación consiste un reactor de alta presión de acero inoxidable. La vasija del reactor incorpora una camisa calefactora conectada a un controlador de temperatura PID. En la parte inferior del reactor existe una salida que permite la descarga de la lejía (hidróxido de sodio y sulfuro sódico) de cocción una vez completada la operación. El sistema de recirculación externa de lejías dispone de una bomba de engranajes de alta temperatura. La aspiración se realiza por la parte inferior central del reactor y la descarga por la parte superior del mismo. En la línea de recirculación de lejías se encuentran intercalados un cambiador de calor, que permite enfriar el reactor una vez se ha completado el tiempo de cocción, y un sistema de toma de muestras de lejía. Este último está constituido por cuatro válvulas automáticas de accionamiento neumático y un cambiador de calor, que se encuentran controlados y sincronizados mediante un módulo de control. La línea de aire comprimido del sistema de toma de muestras permite su limpieza por arrastre entre toma y toma. (CIADICYP)

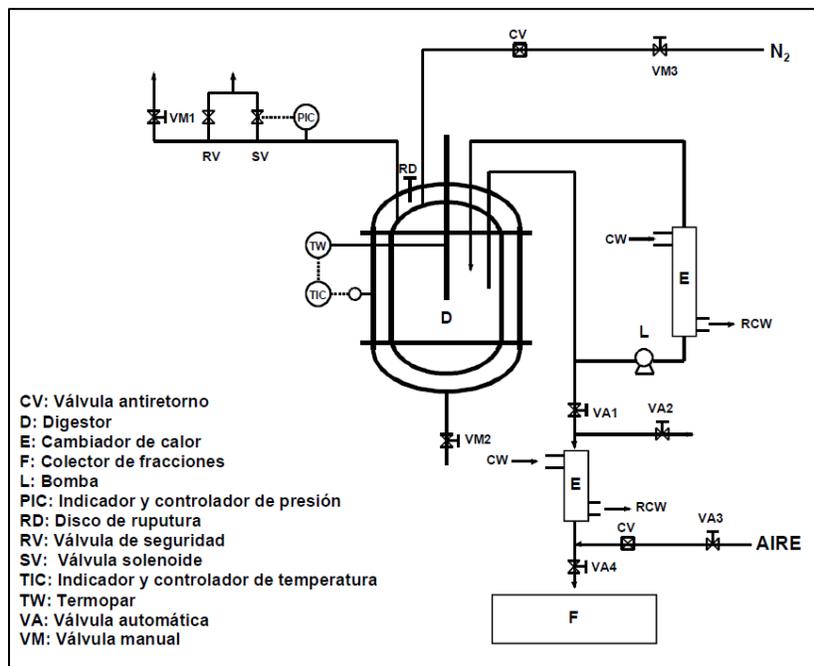


ILUSTRACIÓN 11: SISTEMAS PARA LA DESLIGNIFICACIÓN KRAFT



ILUSTRACIÓN 12: TANQUE DE DESLIGNIFICACIÓN

3.7.3 Tanques de Neutralización

Los tanques para la neutralización serán cilíndricos verticales de acero con fondo plano el cual que descansa directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada.

Estos tanques serán abiertos y contarán con un sistema de refrigeración con la finalidad de enfriarlos ya que este proceso es exotérmico. Como medio refrigerante se usará agua tomada de la



red de distribución. Este flujo de agua circulará por un sistema de medios tubos, regulado por valvulas, soldados al tanque. Los medio tubos serán aproximadamente de 2" y 4 mm de espesor.



ILUSTRACIÓN 13: TANQUES DE NEUTRALIZACIÓN



ILUSTRACIÓN 14: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

3.7.4 Tamiz Rotativo para el Filtrado

Para el proceso de filtrado se usa un tamiz rotativo el cual es una maquina destinada para la filtración o tamizado de líquidos en general con el objeto de separar los sólidos de los líquidos. El tamiz rotativo está conformado por un cilindro filtrante, lo que se denomina el cuerpo, en el cual se encuentran unas cajas en donde se recibe el liquido a filtrar y en otra el liquido filtrado, y la raqueta de limpieza la cual está montada sobre el cilindro filtrante encargándose de limpiar todo el cilindro.



ILUSTRACIÓN 15: TAMIZ ROTATIVO FUNCIONAMIENTO

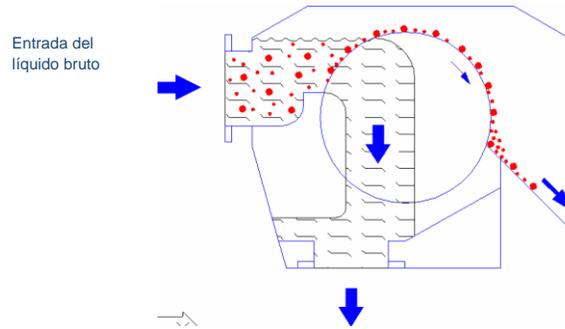


ILUSTRACIÓN 16: ESQUEMA DE

Básicamente el proceso de filtración es el siguiente: El líquido a filtrar entra en el tamiz rotativo por la tubería de entrada y se distribuye uniformemente a lo largo de todo el cilindro filtrante que gira a baja velocidad. Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie del mismo y son conducidas hacia una rasqueta, que es la encargada de separarlas y depositarlas sobre una bandeja inclinada para su caída por gravedad. (Kangarani)

El líquido que pasa a través de las rendijas del cilindro filtrante es conducido hacia salida que puede estar en la parte inferior o posterior del cuerpo. (Tecnor Medio Ambiente S.L)

3.7.5 Biorreactor

Para el proceso de hidrólisis enzimática y de fermentación se utiliza un reactor que está compuesto de 2 cámaras.

Ambas cámaras cilíndricas son de Teflón y están separados por una rejilla de acero, que actúa como soporte para el proceso de filtrado. Éstas funcionan a temperaturas diferentes por medio de dos termostatos con circulación de líquido.

Durante la sacarificación y la fermentación, el reactor debe ser agitado por medio de un agitador orbital.

Más detalles del biorreactor están cubiertos por la patente: RM 2003A000446). (E. Viola, 2012)

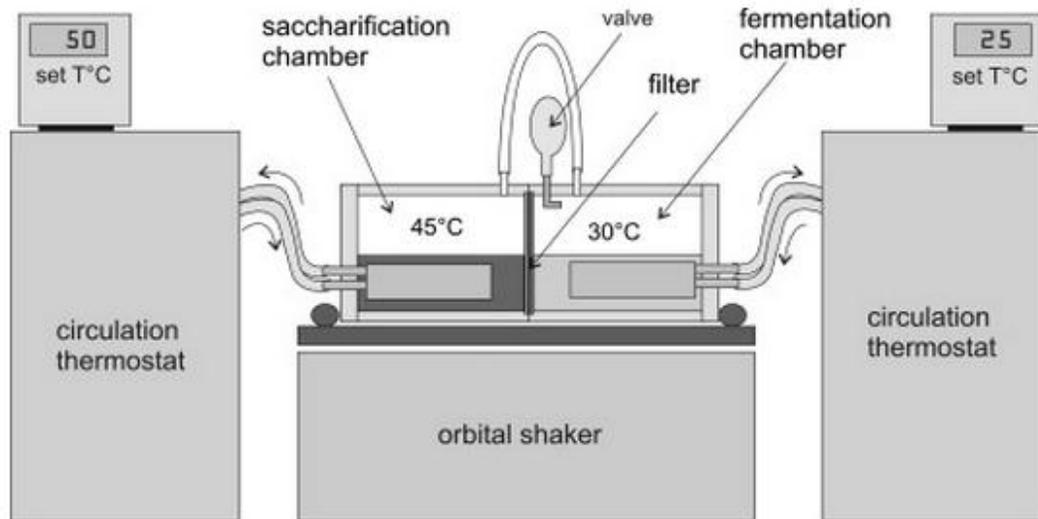


ILUSTRACIÓN 17: ASAMBLEA DEL REACTOR DE 2 CÁMARAS Y LAS TEMPERATURAS TÍPICAS DE TRABAJO (E. VIOLA, 2012)

3.7.6 Destiladora

Una columna de destilación por con platos es una torre cilíndrica vertical metálica compuesta de varios platos colocados uno encima de otro en los cuales se da el contacto entre la fases líquida y vapor a una misma temperatura y presión.

El líquido entra por la parte superior de la torre y fluye en forma descendente por acción de la gravedad. El vapor que es generado por medio del calentamiento del líquido de fondo, pasa hacia arriba, a través de los orificios de los platos y burbujea en el líquido para formar una espuma y pasara al plato superior. Con esto se produce un contacto múltiple entre el vapor y el líquido.

La columna de destilación está dividida en tres partes, la parte superior la cual es llamada el tope de la columna, la parte inferior que es llamada el fondo de la columna y por último la zona de alimenticio del líquido. Normalmente encontramos a la columna en un sistema de destilación formado también por un condensador, un tambor de reflujo, un rehervidor y la valvular de reflujo y de salida del producto destilado. **Fuente especificada no válida.**

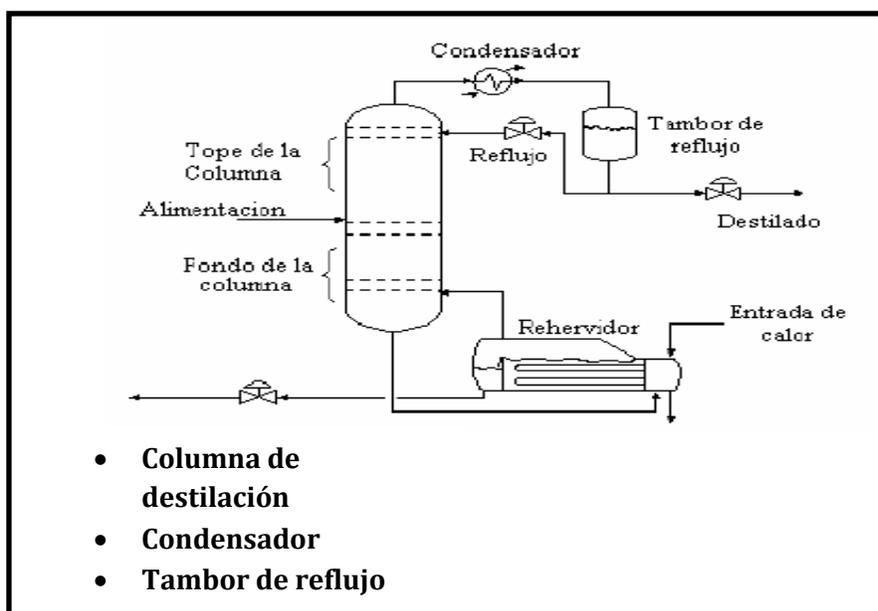


Ilustración 18: Sistema de destilación – Fuente: Fuente especificada no válida.

3.8 SELECCIÓN DE ESTILO DE DISTRIBUCIÓN DE PROCESO CONTINUO

A continuación se muestra un cuadro comparativo, entre tres alternativas de distribución del proceso continuo de la planta:

- Alternativa A: Distribución en forma de S.
- Alternativa B: Distribución en forma de L.
- Alternativa C: Distribución en forma de C.

Éstas alternativas son las más comunes que se dan en un sistema productivo. Tanto, el peso, calificación han sido determinado por el criterio del equipo de proyecto.

FACTOR	PESO	A		B		C	
		CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Menor área empleada	0.35	8	2.8	4	1.4	6	2.1
Mayor comodidad de los trabajadores	0.15	5	0.75	6	0.9	8	1.2
Mayor seguridad	0.20	4	0.8	8	1.6	6	1.2
Facilidad de entrada y salida de camiones	0.30	5	1.5	6	1.8	7	2.1
	1.00		5.85		5.70		6.60

Tabla 10: COMPARACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN



De este estudio realizado se concluye que la mejor distribución del proceso de producción, se da en forma de “C”, dado que presenta la mayor cifra de ponderación entre las tres alternativas.

3.9 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

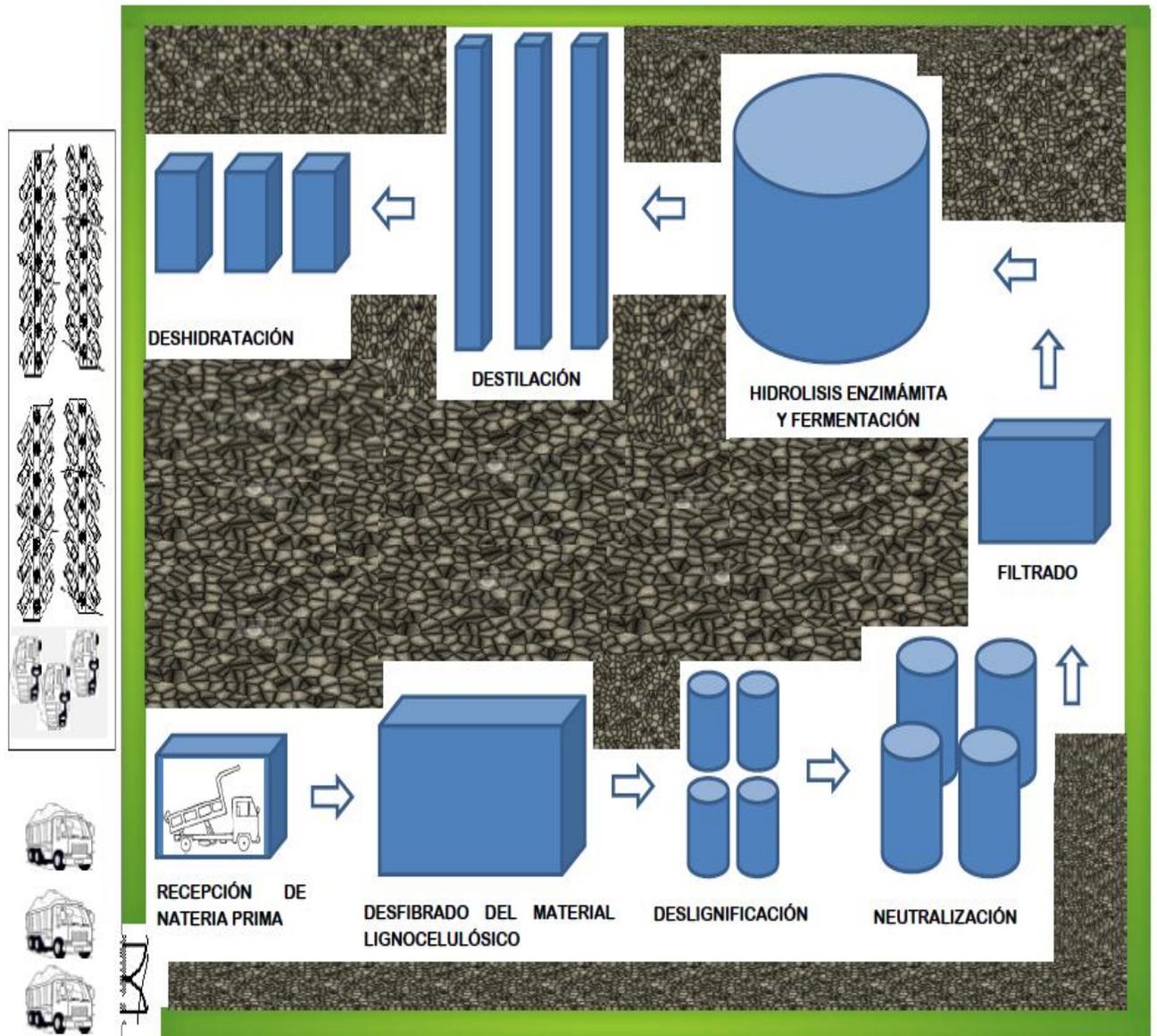


ILUSTRACIÓN 19: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA



CAPÍTULO V: ANÁLISIS EXPERIMENTAL

En este capítulo se desarrolla los pasos de la experimentación que el equipo de proyectos ha realizado para obtener etanol a partir de hojas, tallo y pseudotallo de plátano.

La información para realizar la experimentación de ha obtenido de fuentes indexadas obtenidas de la base de datos Science Direct y Google Scholar.

4.1 ANÁLISIS PREVIO

1. Deslignificación: En este proceso, al material lignocelulósico se le extrae la lignina.
A la mezcla lignocelulósica se le adiciona NaOH para elevar el PH y sulfato de calcio CaSO₄ que es usado como catalizador. La mezcla se calienta y se agita permanentemente. Luego se presenta una precipitación de hidróxido de calcio junto con la lignina.
2. Hidrólisis ácida: es usada para transformar el material lignocelulósico en jarabe azucarado principalmente glucosa. Este proceso consiste en agregar asido sulfúrico H₂SO₄ y H₂O a la temperatura de 50 °C y luego a una temperatura de saturación a presión ambiente.
3. Neutralización: Luego del proceso de la hidrólisis ácida, requiere ser neutralizado, para lograrlo se le agrega hidróxido de sodio (NaOH) formando sulfato de sodio (Na₂SO₄) logrando obtener un PH = 7.
 1. $H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
4. Filtrado: Luego de la neutralización, se genera sulfato de sodio, se filtra para separa el sulfato de sodio del jarabe azucarado.
5. Fermentación: En este proceso se le agrega levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) al jarabe azucarado para fermentarlo. La levadura a condiciones anaeróbicas desvía su ruta de metabolismo produciendo etanol a partir de glucosa.
 1. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$
6. Destilación: Luego de la fermentación se destila para separa el etanol de otras sustancias. La temperatura de ebullición del etanol es de 78°C; esta es la temperatura máxima que tiene que llegar el vapor para obtener etanol en el proceso de destilación.

4.1.1 Objetivos del experimento

1. Obtener jarabe azucarado (glucosa) a partir de material lignocelulósico.
2. Obtener etanol a partir del jarabe azucarado.
3. Identificar los procesos experimentales para la elaboración de etanol.
4. Demostrar que se puede obtener etanol a partir de residuos orgánicos de plátano.



4.1.2 Descripción de equipos y materiales utilizados

4.1.2.1 Equipos

- Sistema de extracción de gases: Es una cámara instalada en el laboratorio de química de la cual se extrae los vapores contaminantes que afectan a la persona que manipula esas sustancias, por ejemplo: ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio.
- Vasos de precipitado: Es un cilindro con base plana que se usa como recipiente, es de vidrio resiste al calor (PYREX).



ILUSTRACIÓN 20 VASOS DE PRECIPITADO. FUENTE: [HTTP://PRINCIPE-GALLO.BLOGSPOT.COM/2010/10/MATERIAL-PARA-LABORATORIO.HTML](http://PRINCIPE-GALLO.BLOGSPOT.COM/2010/10/MATERIAL-PARA-LABORATORIO.HTML)

- Balanza analítica: Es un instrumento que sirve para medir la masa de una precisión de 0.01 gr usados principalmente en los laboratorios. Se caracteriza por poseer muy poca incertidumbre.



ILUSTRACIÓN 21: BALANZA ANALÍTICA. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA - UDEP



- pHmetro: Instrumento utilizado en los laboratorios químicos y bioquímicos para medir el pH de las disoluciones.
- Agitador magnético con calentador: Es un instrumento que tiene una placa debajo de la cual tiene un magneto rotatorio, también la placa tiene un arreglo de resistencias eléctricas con la finalidad calentar la solución.



ILUSTRACIÓN 22: AGITADOR MAGNÉTICO CON CALENTADOR. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA – UDEP

- Cápsula de porcelana: Es una barra magnética cubierta por una capa de porcelana usada en el agitador magnético.
- Tela para filtrar: Es una tela usada para filtrar una sustancia, es decir, separar las sustancias líquidas de las sustancias sólidas por medio de una tela.



ILUSTRACIÓN 23: TELA PARA FILTRADO. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA – UDEP



- Probeta: Instrumento volumétrico hecho de vidrio que permite medir volúmenes de soluciones con un ligero grado de inexactitud.



ILUSTRACIÓN 24: PROBETA. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA - UDEP

- Columna de Destilación: Instrumento de vidrio resistente al calor cuyo uso es la destilación, es decir, separar por medios físicos, mediante vaporización y condensación, aprovechando los diferentes puntos de ebullición de cada sustancia presente en la solución.
- Refractómetro: Instrumento que el índice de refracción (propiedad física que determina la reducción de la velocidad de la luz al prolongarse por un medio homogéneo) de una sustancia para conocer su pureza, en este caso los grados BRIX de una sustancia.



ILUSTRACIÓN 25: REFRACTÓMETRO. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA - UDEP.

4.1.2.2 Materiales

- Materia prima: hojas, tallo y pseudotallo picado y molido. Cantidad: 500 gr.
- NaOH: hidróxido de sodio. Cantidad: 3282.12 gr a una concentración de 32%. 1050.28 gr de NaOH puro.
- H₂SO₄: ácido sulfúrico. Cantidad: 790.6 gr a una concentración de 75%.
- CaSO₄: Sulfato de calcio. Cantidad: 0.25 gr.
- Levadura: *Saccharomyces Cerevisiae*. Cantidad: 100 gr.



4.2 PROCEDIMIENTO

- 1.- Se solicitó la materia prima a un agricultor de Sullana, que contaba con la materia requerida.
- 2.- Luego de seleccionar la parte más fresca de la materia prima, se pesa 1000 gr. de hojas, tallo y pseudotallo de plátano; para luego molerla en un procesador y obtener un material fibroso que pasara a la deslignificación. El material que se utilizó es de 0.5 kg con una humedad de 86%.
- 3.- En la deslignificación se agregó 7.8 gr de NaOH a una concentración de 32%, 0.25 gr CaSO₄ y 1064.95 gr de H₂O para poder disolver, todo esto se coloca a un vaso precipitado que será agitado con un agitador magnético a 500 rpm.
- 4.- Después del proceso de deslignificación, pasamos al proceso del filtrado, en este proceso se pasó por un tamiz para separar el líquido (lignina y CaOH) del material sólido (celulosa), también se encontró CaOH precipitado.

Lo que se separó de la celulosa (lignina, CaOH y H₂O) tenía una masa de 1333.1 gr.

La masa del material sólido es de 239.9 gr.

- 5.- El material sólido (celulosa) con humedad ahora pasa al proceso de hidrólisis ácida donde se le agregó ácido sulfúrico (H₂SO₄) 790.6 gr a 75 % de concentración; en este proceso se rompen las moléculas de celulosa y se obtiene glucosa que se presenta en forma de jarabe azucarado, esta es una reacción exotérmica (libera calor); se tuvo mucho cuidado con el ácido.



ILUSTRACIÓN 26 REACCIÓN EXOTÉRMICA. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA - UDEP



6.- Este jarabe azucarado tiene un PH muy bajo (ácido), por lo tanto hay que neutralizarlo agregándole Hidróxido de sodio (NaOH) para aumentar el PH hasta 7, se le agregó en total 3282.12 gr de NaOH a una concentración de 32%. PH=7 esta neutralizado. En la neutralización se genera una reacción fuertemente exotérmica por lo que se recomendó separar la mezcla en 2 partes y utilizar un recipiente con agua para enfriar el vaso precipitado que contiene la solución a neutralizar.

Cuando se neutraliza se genera cristales de sulfato de sodio (Na_2SO_4) que se tiene que retirar por el método de filtrado.



ILUSTRACIÓN 27 CRISTALES DE SULFATO DE SODIO. FUENTE: LABORATORIO DE QUÍMICA - UDEP.

7.- Una vez obtenido el jarabe sin la presencia de sulfato de sodio se preparó para la fermentación.

Para la fermentación, el jarabe azucarado se requiere de 28°Brix, luego se le agregó la levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*) ya activada. Para activar la levadura se agrega la levadura a una muestra del jarabe hasta obtener una sustancia fermentada, luego esta sustancia es vaciada al recipiente total de todo el jarabe azucarado. La levadura usada fue de 100 gr para la sustancia a fermentar.

El método de fermentación es anaeróbica para que se pueda obtener etanol que es el producto objetivo. El tiempo de fermentación que se utilizó es de 2 días.

8.- Luego que se a fermentado (12° Brix) continuamos con la destilación, en este proceso sólo retiramos 1200 ml de la solución para colocarlo en el recipiente que será calentado gradualmente, cuyo vapor subirá por la columna de destilación, la temperatura de vapor tiene que ser de 78°C



para poder obtener etanol, si la temperatura aumenta se estará destilando agua u otras sustancias presentes en la solución.

Finalmente, de 1200 ml de solución fermentada se ha obtenido 2.6 ml de etanol a 72.16 % de pureza. Con un rendimiento de 0.22%.

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar la experimentación, se obtuvo los siguientes resultados:

- Líquido transparente: etanol
- Volumen del etanol: 2.60 ml.
- Peso del etanol: 2.30 gr.
- Densidad del etanol: 0.8846 gr/ml.
- % de alcohol por volumen: 72.16%
- % de alcohol por peso: 64.7628%
- Gr. de alcohol por 100 cc: 57.2864

El porcentaje de etanol no ha sido el esperado: 96% de pureza; sino, se ha obtenido 72.16% grado alcohólico, es decir, por cada 100 ml. de solución hay 72.16 ml. de alcohol. La diferencia se presume que es agua y otros alcoholes, pero se necesitaría de un análisis químico para determinar qué otros componentes están presentes en la solución.

El olor del etanol emanado por el recipiente, es dulce.

Debido que el tubo de destilación no es muy alto (completo), se ha obtenido un menor porcentaje de etanol.

Se utilizó más NaOH de lo ideal por motivos de irregularidades en la reacción de neutralización. (Ver tabla 10)

Utilizó	NaOH (30%) gr
Real	3282.12
Ideal	1512.63
diferencia	1769.49

TABLA 11 CANTIDAD DE HIDROXIDO DE SODIO UTILIZADO.

4.3.1 Recomendaciones

Se recomienda hacer la destilación en un tubo completo de destilación para lograr obtener el 96 % de alcohol.

Se recomienda agregar una cantidad de levadura que equivale al 10% de la masa de la solución a fermentar para que la fermentación sea más rápida y completa.

Se recomienda que la concentración del NaOH sea 100% puro para evitar agregar mucha cantidad de agua en el proceso de neutralización, pero hay que considerar que es una reacción exotérmica, y por eso hay que tener mucho cuidado al agregarlo.

Se recomienda utilizar la hidrólisis enzimática para obtener mayor rendimientos de glucosa, y por ende mayor porcentaje de etanol.



CAPÍTULO VI: ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

En este capítulo se realizará los cálculos económicos y financieros que abarca el proyecto. Lo que se pretende determinar es el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

5.1 FLUJO ECONÓMICO

5.1.1 Inversión inicial

La inversión inicial calculada es de S/. 54 774 300.00.

Inversiones	
Gastos pre operativos	
Licencia y permisos	S/. 3,000.00
Acondicionamiento del área de proceso	S/. 100,000.00
Construcción	S/. 500,000.00
Materia prima inicial	S/. 42,814,500.00
Adquisición de activo fijo	
Terreno	S/. 1,300,000.00
Maquinaria	S/. 10,000,000.00
Mobiliario	S/. 4,000.00
Capital de trabajo	S/. 52,800.00
Total	S/. 54,774,300.00

La materia prima utilizada es:

Tonelada/día	9775
Tonelada/año	3567875
Costo de mp	S/. 42,814,500.00



5.1.2 Flujo operativo

Año 1	
INGRESOS POR PRODUCTOS NORMALES	
Etanol anhidro	S/. 125,925,000.00

EGRESOS	
COSTOS DE OPERACIÓN	
•Insumos	S/. 42,814,500.00
•MOD	S/. 564,000.00
•CIF	S/. 318,000.00
Mantenimiento	S/. 12,000.00
Gerentes	S/. 252,000.00
Guardiana	S/. 54,000.00

GASTOS DE OPERACIÓN	
•Administración	S/. 30,000.00
•Ventas	S/. 36,000.00

Total	S/. 82,162,500.00
--------------	--------------------------

PERÍODO	1	2	3	4	5
INGRESOS S/IGV	S/. 103,258,500.00	S/. 113,584,350.00	S/. 124,942,785.00	S/. 149,931,342.00	S/. 179,917,610.40
INGRESOS C/IGV	S/. 125,925,000.00	S/. 138,517,500.00	S/. 152,369,250.00	S/. 182,843,100.00	S/. 219,411,720.00
IGV A	S/. 22,666,500.00	S/. 24,933,150.00	S/. 27,426,465.00	S/. 32,911,758.00	S/. 39,494,109.60
TOTAL INGRESOS S/IGV	S/. 103,258,500.00	S/. 113,584,350.00	S/. 124,942,785.00	S/. 149,931,342.00	S/. 179,917,610.40
TOTAL INGRESOS C/IGV	S/. 125,925,000.00	S/. 138,517,500.00	S/. 152,369,250.00	S/. 182,843,100.00	S/. 219,411,720.00
TOTAL IGV	S/. - 22,666,500.00	S/. -24,933,150.00	S/. -27,426,465.00	S/. -32,911,758.00	S/. -39,494,109.60
EGRESOS S/IGV	S/. 1.00	S/. 2.00	S/. 3.00	S/. 4.00	S/. 5.00
Insumos	S/. 35,107,890.00	S/. 38,618,679.00	S/. 42,480,546.90	S/. 50,976,656.28	S/. 61,171,987.54
MOD	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00
SUELDOS	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00
MANTENIMIENTO	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00
TOTAL EGRESOS s/IGV	S/. 35,989,890.00	S/. 39,500,679.00	S/. 43,362,546.90	S/. 51,858,656.28	S/. 62,053,987.54
EGRESOS C/IGV	S/. 1.00	S/. 2.00	S/. 3.00	S/. 4.00	S/. 5.00
Insumos	S/. 42,814,500.00	S/. 47,095,950.00	S/. 51,805,545.00	S/. 62,166,654.00	S/. 74,599,984.80
MOD	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00	S/. 564,000.00
SUELDOS	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00	S/. 306,000.00
MANTENIMIENTO	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00	S/. 12,000.00
TOTAL EGRESOS c/IGV	S/. 43,696,500.00	S/. 47,977,950.00	S/. 52,687,545.00	S/. 63,048,654.00	S/. 75,481,984.80
IGV EGRESOS	S/. 7,706,610.00	S/. 8,477,271.00	S/. 9,324,998.10	S/. 11,189,997.72	S/. 13,427,997.26

5.1.3 Módulo del IGV

IGV						
Período (años)	0	1	2	3	4	5
IGV Ingresos		-S/. 22,666,500.00	-S/. 24,933,150.00	-S/. 27,426,465.00	-S/. 32,911,758.00	-S/. 39,494,109.60
IGV Egresos	S/. 100,000.00	S/. 7,706,610.00	S/. 8,477,271.00	S/. 9,324,998.10	S/. 11,189,997.72	S/. 13,427,997.26
Diferencia	S/. 100,000.00	-S/. 14,959,890.00	-S/. 16,455,879.00	-S/. 18,101,466.90	-S/. 21,721,760.28	-S/. 26,066,112.34
Crédito Fiscal	S/. 100,000.00	-S/. 14,859,890.00	-S/. 31,315,769.00	-S/. 49,417,235.90	-S/. 71,138,996.18	-S/. 97,205,108.52
IGV a pagar	S/. 0.00	-S/. 14,959,890.00	-S/. 16,455,879.00	-S/. 18,101,466.90	-S/. 21,721,760.28	-S/. 26,066,112.34

MÓDULO DE IR					
PERÍODO	1	2	3	4	5
VENTAS	S/. 125,925,000.00	S/. 138,517,500.00	S/. 152,369,250.00	S/. 182,843,100.00	S/. 219,411,720.00
COSTO DE VENTAS	S/. 43,390,500.00	S/. 47,671,950.00	S/. 52,381,545.00	S/. 62,742,654.00	S/. 75,175,984.80
U. BRUTA	S/. 82,534,500.00	S/. 90,845,550.00	S/. 99,987,705.00	S/. 120,100,446.00	S/. 144,235,735.20
GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 30,000.00				
GASTOS DE VENTAS	S/. 36,000.00	S/. 39,600.00	S/. 39,600.00	S/. 41,400.00	S/. 43,200.00
DEPRECIACIÓN	S/. 500,000.00				
UAIT	S/. 81,968,500.00	S/. 90,275,950.00	S/. 99,418,105.00	S/. 119,529,046.00	S/. 143,662,535.20
GASTOS FINANCIEROS	S/. 7,000,658.17				
UAT	S/. 74,967,841.83	S/. 83,275,291.83	S/. 92,417,446.83	S/. 112,528,387.83	S/. 136,661,877.03
T (IR)	S/. 22,490,352.55	S/. 24,982,587.55	S/. 27,725,234.05	S/. 33,758,516.35	S/. 40,998,563.11
U. NETA	S/. 52,477,489.28	S/. 58,292,704.28	S/. 64,692,212.78	S/. 78,769,871.48	S/. 95,663,313.92

5.1.4 Capital de trabajo

Capital de trabajo						
Periodo	0	1	2	3	4	5
MP		42814500	47095950	51805545	62166654	93249981
Ventas		125925000	138517500	152369250	182843100	219411720
Variación de ventas	125925000	12592500	13851750	30473850	36568620	0
Porcentaje sobre ventas	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Inversión en CT	12592500	1259250	1385175	3047385	3656862	0

5.1.5 Liquidación

ACTIVO FIJO	INVERSIONES S/IGV	IGV	INVERSIONES C/IGV
Máquina	S/. 8,200,000.00	S/. 1,800,000.00	S/. 10,000,000.00
Mobiliario	S/. 3,280.00	S/. 720.00	S/. 4,000.00
Terreno	S/. 1,300,000.00	S/. 0.00	S/. 1,300,000.00

5.1.6 Flujo de Caja Económico

La inversión se recupera en el segundo año.

Año	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES						
GPO	-S/. 43,417,500.00					
ACTIVO FIJO	-S/. 11,304,000.00					
CAPITAL DE TRABAJO	-S/. 52,800.00	S/. 0.00				
INGRESOS		S/. 125,925,000.00	S/. 138,517,500.00	S/. 152,369,250.00	S/. 182,843,100.00	S/. 219,411,720.00
EGRESOS		-S/. 43,696,500.00	-S/. 47,977,950.00	-S/. 52,687,545.00	-S/. 63,048,654.00	-S/. 75,481,984.80
IGV		-S/. 14,959,890.00	-S/. 16,455,879.00	-S/. 18,101,466.90	-S/. 21,721,760.28	-S/. 26,066,112.34
IR		-S/. 22,490,352.55	-S/. 24,982,587.55	-S/. 27,725,234.05	-S/. 33,758,516.35	-S/. 40,998,563.11
FCE	-S/. 54,774,300.00	S/. 44,725,457.45	S/. 49,048,283.45	S/. 53,802,204.05	S/. 64,261,369.37	S/. 76,865,059.75

Kd	12.00%
Prima Subjetiva	8.00%
Tasa Pasiva	7.00%
Ke	15.00%
% Deuda	80.00%
% Capital Propio	20.00%
WACC	10.68%

VAN	S/. 9,079,185.53
TIR	87%
PAYBACK	S/.54,364,598.65

5.2 FLUJO FINANCIERO

INVERSIÓN	S/. 54,774,300.00
%DEUDA	80%
PRÉSTAMO	S/. 43,819,440.00
TEA	15.00%
PLAZO	20 años
CUOTA	S/. 7,000,658.17

TABLA DE AMORTIZACIÓN					
PERÍODO	SALDO AL INICIO	PRINCIPAL	INTERESES	CUOTA	SALDO AL FINAL
0	S/. 43,819,440.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 43,819,440.00
1	S/. 43,819,440.00	S/. 427,742.17	S/. 6,572,916.00	S/. 7,000,658.17	S/. 43,391,697.83
2	S/. 43,391,697.83	S/. 491,903.49	S/. 6,508,754.67	S/. 7,000,658.17	S/. 42,899,794.34
3	S/. 42,899,794.34	S/. 565,689.02	S/. 6,434,969.15	S/. 7,000,658.17	S/. 42,334,105.33
4	S/. 42,334,105.33	S/. 650,542.37	S/. 6,350,115.80	S/. 7,000,658.17	S/. 41,683,562.96
5	S/. 41,683,562.96	S/. 748,123.72	S/. 6,252,534.44	S/. 7,000,658.17	S/. 40,935,439.24
6	S/. 40,935,439.24	S/. 860,342.28	S/. 6,140,315.89	S/. 7,000,658.17	S/. 40,075,096.95
7	S/. 40,075,096.95	S/. 989,393.62	S/. 6,011,264.54	S/. 7,000,658.17	S/. 39,085,703.33
8	S/. 39,085,703.33	S/. 1,137,802.67	S/. 5,862,855.50	S/. 7,000,658.17	S/. 37,947,900.66
9	S/. 37,947,900.66	S/. 1,308,473.07	S/. 5,692,185.10	S/. 7,000,658.17	S/. 36,639,427.60
10	S/. 36,639,427.60	S/. 1,504,744.03	S/. 5,495,914.14	S/. 7,000,658.17	S/. 35,134,683.57
11	S/. 35,134,683.57	S/. 1,730,455.63	S/. 5,270,202.54	S/. 7,000,658.17	S/. 33,404,227.94
12	S/. 33,404,227.94	S/. 1,990,023.98	S/. 5,010,634.19	S/. 7,000,658.17	S/. 31,414,203.96
13	S/. 31,414,203.96	S/. 2,288,527.57	S/. 4,712,130.59	S/. 7,000,658.17	S/. 29,125,676.39
14	S/. 29,125,676.39	S/. 2,631,806.71	S/. 4,368,851.46	S/. 7,000,658.17	S/. 26,493,869.68



15	S/. 26,493,869.68	S/. 3,026,577.72	S/. 3,974,080.45	S/. 7,000,658.17	S/. 23,467,291.96
16	S/. 23,467,291.96	S/. 3,480,564.37	S/. 3,520,093.79	S/. 7,000,658.17	S/. 19,986,727.59
17	S/. 19,986,727.59	S/. 4,002,649.03	S/. 2,998,009.14	S/. 7,000,658.17	S/. 15,984,078.56
18	S/. 15,984,078.56	S/. 4,603,046.38	S/. 2,397,611.78	S/. 7,000,658.17	S/. 11,381,032.18
19	S/. 11,381,032.18	S/. 5,293,503.34	S/. 1,707,154.83	S/. 7,000,658.17	S/. 6,087,528.84
20	S/. 6,087,528.84	S/. 6,087,528.84	S/. 913,129.33	S/. 7,000,658.17	S/. 0.00

FLUJO DE FINANCIAMIENTO NETO						
AÑOS	0	1	2	3	4	5
PRÉSTAMO	S/. 43,819,440.00	S/. 0.00				
PRINCIPAL	S/. 0.00	-S/. 427,742.17	-S/. 491,903.49	-S/. 565,689.02	-S/. 650,542.37	-S/. 748,123.72
INTERESES	S/. 0.00	-S/. 6,572,916.00	-S/. 6,508,754.67	-S/. 6,434,969.15	-S/. 6,350,115.80	-S/. 6,252,534.44
ESCUDO FISCAL	S/. 0.00	S/. 1,971,874.80	S/. 1,952,626.40	S/. 1,930,490.75	S/. 1,905,034.74	S/. 1,875,760.33
FFN	S/. 43,819,440.00	-S/. 5,028,783.37	-S/. 5,048,031.76	-S/. 5,070,167.42	-S/. 5,095,623.43	-S/. 5,124,897.83
AÑOS	6	7	8	9	10	11
	S/. 6.00	S/. 7.00	S/. 8.00	S/. 9.00	S/. 10.00	S/. 11.00
PRÉSTAMO	S/. 0.00					
PRINCIPAL	-S/. 860,342.28	-S/. 989,393.62	-S/. 1,137,802.67	-S/. 1,308,473.07	-S/. 1,504,744.03	-S/. 1,730,455.63
INTERESES	-S/. 6,140,315.89	-S/. 6,011,264.54	-S/. 5,862,855.50	-S/. 5,692,185.10	-S/. 5,495,914.14	-S/. 5,270,202.54
ESCUDO FISCAL	S/. 1,842,094.77	S/. 1,803,379.36	S/. 1,758,856.65	S/. 1,707,655.53	S/. 1,648,774.24	S/. 1,581,060.76
FFN	-S/. 5,158,563.40	-S/. 5,197,278.80	-S/. 5,241,801.52	-S/. 5,293,002.64	-S/. 5,351,883.92	-S/. 5,419,597.41



Años	12	13	14	15	16	17
	S/. 12.00	S/. 13.00	S/. 14.00	S/. 15.00	S/. 16.00	S/. 17.00
PRÉSTAMO	S/. 0.00					
PRINCIPAL	-S/. 1,990,023.98	-S/. 2,288,527.57	-S/. 2,631,806.71	-S/. 3,026,577.72	-S/. 3,480,564.37	-S/. 4,002,649.03
INTERESES	-S/. 5,010,634.19	-S/. 4,712,130.59	-S/. 4,368,851.46	-S/. 3,974,080.45	-S/. 3,520,093.79	-S/. 3,520,093.79
ESCUDO FISCAL	-S/. 1,503,190.26	-S/. 1,413,639.18	-S/. 1,310,655.44	-S/. 1,192,224.14	-S/. 1,056,028.14	-S/. 1,056,028.14
FFN	-S/. 8,503,848.42	-S/. 8,414,297.34	-S/. 8,311,313.60	-S/. 8,192,882.30	-S/. 8,056,686.31	-S/. 8,578,770.96

AÑOS	18	19	20
	S/. 18.00	S/. 19.00	S/. 20.00
PRÉSTAMO	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 0.00
PRINCIPAL	-S/. 4,603,046.38	-S/. 5,293,503.34	-S/. 6,087,528.84
INTERESES	-S/. 2,397,611.78	-S/. 1,707,154.83	-S/. 913,129.33
ESCUDO FISCAL	-S/. 719,283.54	-S/. 512,146.45	-S/. 273,938.80
FFN	-S/. 7,719,941.70	-S/. 7,512,804.61	-S/. 7,274,596.96

5.2.1 Obtención de la VAR y la TIR

Periodo	0	1	2	3	4	5
FCE	-S/. 54,774,300.0	S/. 44,725,457.5	S/. 49,048,283.5	S/. 53,802,204.1	S/. 64,261,369.4	S/. 76,865,059.8
FFN	S/. 5,158,563.4	-S/. 5,197,278.8	-S/. 5,241,801.5	-S/. 5,293,002.6	-S/. 5,351,883.9	-S/. 5,419,597.4
FCF	-S/. 49,615,736.6	S/. 39,528,178.6	S/. 43,806,481.9	S/. 48,509,201.4	S/. 58,909,485.4	S/. 71,445,462.3



Ke	12%
VAN	S/. 9,006,748.2
TIR	86%

PAYBACK	S/. 59,270,777.6
----------------	------------------

De este análisis podemos determinar que la inversión se recuperará en el segundo año de la puesta en marcha del proyecto

5.3 BALANCE GENERAL Y ESTADO DE RESULTADOS

ESTADO DE RESULTADO					
AÑO	1	2	3	4	5
Vtas	S/. 125,925,000.00	S/. 138,517,500.00	S/. 152,369,250.00	S/. 182,843,100.00	S/. 219,411,720.00
(Cto de vtas.)	S/. 43,390,500.00	S/. 47,671,950.00	S/. 52,381,545.00	S/. 62,742,654.00	S/. 75,175,984.80
Utilidad Bruta	S/. 82,534,500.00	S/. 90,845,550.00	S/. 99,987,705.00	S/. 120,100,446.00	S/. 144,235,735.20
(Gasto Adm)	S/. 30,000.00				
(Gto Vtas)	S/. 36,000.00	S/. 39,600.00	S/. 39,600.00	S/. 41,400.00	S/. 43,200.00
Utilidad Operativa	S/. 82,468,500.00	S/. 90,775,950.00	S/. 99,918,105.00	S/. 120,029,046.00	S/. 144,162,535.20
(Gasto Financiero)	S/. 7,000,658.17				
(Depreciación)	S/. 500,000.00				
UOAI	S/. 74,967,841.83	S/. 83,275,291.83	S/. 92,417,446.83	S/. 112,528,387.83	S/. 136,661,877.03
IR	S/. 22,490,352.55	S/. 24,982,587.55	S/. 27,725,234.05	S/. 33,758,516.35	S/. 40,998,563.11
Utilidad Neta	S/. 52,477,489.28	S/. 58,292,704.28	S/. 64,692,212.78	S/. 78,769,871.48	S/. 95,663,313.92



Balance General	5 AÑOS
Vtas	S/. 819,066,570.00
(Cto de vtas.)	S/. 281,362,633.80
Utilidad Bruta	S/. 537,703,936.20
(Gasto Adm)	S/. 150,000.00
(Gto Vtas)	S/. 199,800.00
Utilidad Operativa	S/. 537,354,136.20
(Gasto Financiero)	S/. 35,003,290.83
(Depreciación)	S/. 2,500,000.00
UOAI	S/. 499,850,845.37
IR	S/. 149,955,253.61
Utilidad Neta	S/. 349,895,591.76

CONCLUSIONES

- Podemos ampliar el proyecto con la adquisición de campos de cultivo de plantas de plátano para así poder, con ayuda de la tecnología, obtener mejores resultados.
- A largo plazo se espera desarrollar convenios de cooperación tecnológica con países productores y consumidores.
- El rendimiento obtenido experimentalmente ha sido menor al esperado, esto debido a que hemos utilizado sólo hojas y tallos de plátano los cuales presentan menor cantidad de azúcares.
- El principal obstáculo para la producción de etanol a partir de material lignocelulósico es el bajo porcentaje de conversión de celulosa y hemicelulosa en glucosa, es por eso que empresas como Novozymes están desarrollando nuevas enzimas capaces de obtener altos rendimientos en la hidrólisis enzimática.
- Con las actuales enzimas que se encuentra en el mercado, es necesario enormes cantidades de materia prima (miles de toneladas) para producir etanol a gran volumen. Esto significa grandes gastos en transporte, maquinaria, energía e insumos para la empresa lo que dificulta la economía del proceso.
- Entre los actuales métodos de deslignificación, la deslignificación alcalina es la que presenta un mayor rendimiento o eliminación de lignina, sin embargo, debido al uso de bases muy concentradas es necesario tener fases de neutralización y filtrado para eliminar el efecto tóxico de estos químicos en los procesos siguientes. Esto significa mayores gastos en las operaciones del proceso.
- Con el fin de mejorar el rendimiento global del proceso, se han realizado innovaciones en diversos procesos como es el caso de la hidrólisis enzimática y la fermentación. El bioreactor es un proceso híbrido en el cual la hidrólisis y fermentación se realizan de forma simultánea, mejorando de esta manera un 20% la obtención de etanol.
- Con respecto a la materia prima empleada en este proyecto cabe mencionar que debido a que en la planta de plátano el 80% de su peso es agua, el material celulósico y hemicelulósico es poco por lo que se requieren de enormes cantidades de materia prima para producir nuestro volumen planeado. Además la gran cantidad de agua presente en la planta aumenta los costos de energía del proceso.
- Cabe mencionar que en el presente año se empezó el proyecto de una planta de etanol de segunda generación (Crescentino, Italia).
- Existen distintos microorganismos que son capaces de realizar procesos de fermentación con un mayor rendimiento. Por ejemplo levaduras genéticamente alteradas.
- Se obtiene un mayor rendimiento al utilizar equipos de última tecnología pues cada uno de estos incrementa en un porcentaje el rendimiento global.



RECOMENDACIONES

- Utilizar antiespumante en la fermentación para evitar el desarrollo de espuma en dicho proceso, que puede afectar al proceso
- Podría ampliarse el proyecto, con la adquisición de campos de cultivo de plantas de plátano para poder obtener mejores resultados con ayuda de nuevas tecnologías. (Tecnor Medio Ambiente S.L)
- Se recomienda crear alianzas estratégicas de cooperación tecnológica para realizar un prototipo de los procesos descritos. (Tecnor Medio Ambiente S.L)
- Se recomienda realizar un análisis experimental en paralelo: analizando la obtención de etanol a partir de hojas y tallos de plátano con hidrólisis enzimática, y compararla con los resultados obtenidos de la hidrólisis ácida realizada en este proyecto; también compararlo con un experimento cuya materia prima también abarque el fruto (plátano)
- Se recomienda tomar todas las medidas de seguridad en el laboratorio dado que se trabaja con ácidos que pueden causar daños a integridad física de las personas.
- Se recomienda realizar un control continuo de los parámetros físicos durante la experimentación.
- Se recomienda profundizar más en los procesos requeridos para la obtención de etanol antes de realizar la experimentación.
- Se recomienda seguir cuidadosamente las cantidades estipuladas en los documentos investigados para no afectar los resultados.
- Se recomienda emplear tres torres de destilación para poder obtener un mayor grado de pureza del etanol.
- Se recomienda utilizar los insumos químicos con mayor grado de pureza.
- Se recomienda realizar mayores investigaciones con respecto a la tecnología necesaria para la producción de etanol a partir de material lignocelulósico ya que no existe a nivel industrial.



BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Promoción de la Inversión Privada. (Mayo de 2007). *ProInversión*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de http://www.oas.org/dsd/reep/reuniones/las_vegas/presentations/presentation_luis_paz.pdf
- Agrícola del Chira S.A. (2011). Comparación de Líderes en producción de Etanol. Piura, Perú: Publicaciones Caña Brava.
- Agrodataperu, Data Agropecuaria a tu favor. (16 de Julio de 2012). <http://www.agrodataperu.com>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2012, de <http://www.agrodataperu.com/2012/07/exportacion-alcohol-etilico-etanol-peru-junio-2012.html>
- Aguilar Semino, C., & Daga Ávalos, W. (2010). *Perú: Una Década de Éxitos de la Exportación de Banano Orgánico*. Lima.
- APOQ. (Setiembre de 2012). Visita a la Asociación de Pequeños Agricultores de Plátano de Querecotillo. (R. Lizama, Entrevistador)
- Biotechnology For Biofuels. (13 de Agosto de 2010). *Biología para biocombustibles*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web de Science Direct: <http://www.biotechnologyforbiofuels.com/content/5/1/60/abstract>
- Botanical Online. (s.f.). *Estudio del Plátano*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2012, de sitio Web de Botanical Online: <http://www.botanical-online.com/platanos1.htm>
- Caña Brava. (2010). *Responsabilidad Social: Caña Brava*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de <http://www.xn--caabrava-e3a.com.pe/programa-de-responsabilidad-social>
- Caña Brava. (2011). *Ministerio de Economía y Minas*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/ogp/GVEP/cober/6.pdf>
- Castro Pareja, P., Sevilla Sevilla, S., & Coello Guevara, J. (2008). *Estudio sobre la Situación de los Biocombustibles en el Perú*. Lima: Publicaciones de Soluciones Prácticas ITDG.
- Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM. (2009). *Lignocelulosa Como Fuente de Azúcares Para la*. Obtenido de Biotecnología.



CIADICYP. (s.f.). *ESTUDIO SOBRE LA CINÉTICA DE LA DESLIGNIFICACIÓN EN.*

Congreso De La República. (18 de Noviembre de 2002). Ley Orgánica de Gobiernos Regionales Ley N° 27867. *Ley N° 27867.* LIMA, PERU.

Congreso De La República. (08 de Agosto de 2003). Ley de promoción del mercado de biocombustibles. *Ley N° 28054.* Lima, Lima, Perú.

Congreso De La República. (27 de Mayo de 2003). Ley Orgánica de municipales. *Ley N° 27972.*

Congreso de la república. (s.f.). Rglamento de desagues industriales. *ley N° 28-60.* Lima, Lima, Perú .

Cruz, I. G. (Octubre de 2012). Análisis Experimental. (R. Lizama, Entrevistador)

Diario El Comercio. (2 de Febrero de 2010). *El comercio.com.* Recuperado el 17 de Agosto de 2012, de sitio Web de Diario El Comercio:
<http://elcomercio.pe/gastronomia/409061/noticia-platano-verdadero-alimento-universal>

DSPACE. (s.f.). <http://www.dspace.espol.edu.ec>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2012, de
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1463/1/2937.pdf>

E. Viola, F. Z. (23 de Mayo de 2012). *El uso de un reactor de dos cámaras para mejorar la hidrólisis enzimática y la fermentación de materiales lignocelulósicos: Science Direct.* Recuperado el 30 de Octubre de 2012, de sitio Web Science Direct:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912003418#>

El Comercio. (29 de Septiembre de 2011). Se pospone uso de gasohol en Lima porque producción de etanol no alcanza. Lima, Lima, Peru.

El Tiempo.Com - Bogotá. (20 de Marzo de 2012). *Diario El Tiempo.* Recuperado el 17 de Agosto de 2012, de sitio Web de Diario El Tiempo:
<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-5293773>

ELSEVIER. (Julio de 2010). *Proceso de producción de etanol a partir de la fruta de banano y de sus residuoslignocelulósicos.* Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web Science Direct:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210001817>



- Eroski Consumer. (s.f.). *Consumo de Frutas*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2012, de sitio Web de Frutas. Consumer:
<http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/platano/intro.php>
- Espinoza, J. A. (1984). *Proyecto de Factibilidad "Planta de Harina de Plátano"*. Piura.
- Fair Trade USA. (2010). */www.fairtradeusa.org*. Recuperado el 2012 de Octubre de 2012, de <http://www.fairtradeusa.org/producer-profiles/apoq-asociacion-peque-os-productores-org-nico-querecotillo>
- Federación de Asociaciones de Regantes de El Salvador. (2002). *Estudio de Mercado del Plátano en El Salvador*. San Vicente.
- Fives Cail. (s.f.). *Desfibradora pesada en línea: Five cail*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2012, de Sitio web de Fives cail:
http://www.fivesgroup.com/Fivescail/en/Expertise/Equipment/Documents/FT_IN_LINE_SHREDDER_SP_05_05.pdf
- Garrido, S. A. (Setiembre de 2012). Visita a Plantaciones de Plátano. (R. Lizama, Entrevistador)
- Genoma España CIEMAT. (Diciembre de 2008). *Genoma España*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web Science Direct: http://www.gen-es.org/assets_db/publications/documents/pub_80_d.pdf
- Gil, U. A., Aguilar, J., Rodríguez, G., & Caisedo, L. (2006). *Diseño y operación de una columna de destilación extractiva*. Puerto Real: Publicaciones de Universidad de Cádiz.
- Gobierno Nacional de Perú. (2003). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Ruido. *Decreto Supremo 085-2003*. Lima, Lima, Perú.
- Instituto de Investigaciones Porcinas. (s.f.). *www.sian.info.ve*. Recuperado el 24 de Octubre de 2012, de
<http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/rccpn/REV32/ARISTIDE.htm>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (s.f.). *Seminario Taller sobre Producción de Plátano en la Selva Peruana*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web de Google Scholar:
http://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=tNwOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA25&dq=lugares+de+produccion+de+platano+en+peru&ots=FbenIKZsvw&sig=MqgQN7mjN5UueXhNmSpOOoM6VfM&redir_esc=y#v=onepage&q=lugares%20de%20produccion%20de%20platano%20en%20peru&f=false



- Instituto Nacional De Estadísticas e Informática. (2007). Censo Nacional XII de Población y VII de Vivienda. Lima, Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2002). *Plátano Banano*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web de INIA:
<http://www.inia.gob.pe/platano/resumen.htm>
- Kangarani, A. A. (s.f.). *Universidad Piltecnica de Catalunya*. Recuperado el 07 de 11 de 2012, de
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/111131/1/Mem%C3%B2ria.pdf>
- MINCETUR. (s.f.). <http://www.mincetur.gob.pe>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2012, de
<http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Etanol.pdf>
- Ministerio de Educación. (2006). Estudio del nivel educativo en el departamento de Piura. Lima, Lima, Perú.
- Ministerio de Salud. (2006). Morbilidad en Sullana. Piura, Sullana, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2008). Normas Legales. *Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM*. Lima, Lima, Peru: El Peruano.
- Ministerio Nacional de Agricultura. (2011). *Sector Agrario: Ministerio de Agricultura*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2012, de sitio web del MINAG: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/az%C3%BAcar/generalidades-del-producto24>
- Núñez, C. E. (Abril de 2008). *Transformación de la madera durante el pulpado químico: Carlos eduardo nuñez*. Recuperado el 24 de Octubre de 2012, de sitio web de Carlos Eduardo Nuñez:
<http://www.cenunez.com.ar/archivos/65-TransformacionesdelamaderaduranteelP.Q..pdf>
- Núñez, L. y. (1994).
- Oceano. (1992). Oceano Uno, Diccionario enciclopédico ilustrado. En G. E. Oceano, *Oceano Uno* (pág. DE). Colombia: Oceano.
- Oceano. (1992). Oceano Uno, Diccionario Enciclopédico ilustrado. En G. E. Oceano, *Oceano Uno* (pág. FH). Colombia: Oceano.
- Oceanano . (1992). Oceano Uno, Diccionario enciclopédico ilustrado. En G. E. Oceano, *Oceano Uno* (pág. DE). Colombia: Oceano.



Presidente de la república. (30 de Marzo de 2005). LEy de promoción del mercado de biocombustibles. *Decreto supremo N° 013-2005-EM*. Lima, Perú.

Presidente de la república. (20 de Abril de 2007). Reglamento para la comercialización de biocombustibles. *Decreto supremo N° 021-2007-EM*. Lima, Perú.

Proinversión. (2007). Lineamientos del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles - PROBIOCOM. *Directiva N° 004-2007 - Proinversión*. Lima, Lima, Perú.

PromPerú. (2008). www.promperu.gob.pe. Recuperado el 25 de Octubre de 2012, de www.siicex.gob.pe:
<http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/8defd9a0-740a-48a7-a142-478f42d05840.pdf>

Proyecto Caña Brava. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental*. Piura: Publicaciones de Caña Brava.

Proyecto Caña Brava. (s.f.). *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Caña Brava*. Piura: ECSA Ingenieros.

Scielo. (12 de Octubre de 2011). *Obtención de Etanol y Biogas de Banano de Rechazo*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web de Science Direct:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642012000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Secretaría de Argentina. (s.f.). <http://energia3.mecon.gov.ar>. Recuperado el 11 de Noviembre de 2012, de <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3033>

TechnoServe Inc. (s.f.). *Tecnología: Ministerio de Agricultura*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2012, de sitio Web de Ministerio de Agricultura:
<http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/otros/technoserve-oportunidades-etanol-en-peru.pdf>

Tecnor Medio Ambiente S.L. (s.f.). *Tamiz rotativo mod. TR: Tecnor Medio Ambiente*. Recuperado el 17 de septiembre de 2012, de sitio web de Tecnor Medio Ambiente:
<http://www.tecnor.org/images/PDF/Pretratamiento/Catalogo%20TR.pdf>

Tesis Doctorales en Red. (s.f.). Recuperado el 07 de 11 de 2012, de Tesis Doctorales en Red:



<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8503/Fundamentos-5.pdf;jsessionid=DEC6F87030E56EDAefd4448329BE002C.tdx2?sequence=4>

Universidad de Cádiz. (2007). *Diseño de una Planta Piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol*. Puerto Real: Publicaciones de la Universidad de Cádiz.

Universidad Autónoma Metropolitana. (abril de 2006). *Universidad Autónoma Metropolitana*. Recuperado el 08 de 11 de 2012, de <http://www.ejournal.unam.mx/ict/vol0804/ICT000800404.pdf>

Universidad Autónoma Metropolitana. (mayo de 2007). Recuperado el 09 de 11 de 2012, de Scielo: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432007000400004&script=sci_arttext&tlng=pt

Universidad de Cádiz. (2007). *Diseño de una Planta Piloto para la obtención de bioetanol a partir de hidrolizados de residuos de girasol*. Puerto Real: Publicaciones de la Universidad de Cádiz.

Universidad de Chile. (Enero de 2010). *ScienceDirect*. Recuperado el 09 de 11 de 2012, de http://www.thesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-cortinez_vv/html/index-frames.html

Universidad de Lund, Suecia. (15 de Junio de 2010). *PHYS Organización: Universidad de Lund*. Recuperado el 25 de Agosto de 2012, de sitio Web de Science Direct: <http://phys.org/news195796870.html>

Universidad de Piura. (2011). *Operaciones de Separación*. Piura.

Universidad Nacional de Colombia. (2004). Deshidratación del Etanol. *Ingeniería de Investigación*, 12.

Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Producción de Etanol carburante: material lignocelulósico una nueva alternativa*. Manizales: Publicaciones Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente .

Velásquez Arredondo, H. I., Ruiz Colorado, A., & Oliveira Junior, S. (2007). *Análisis Energético del Proceso de Obtención de Etanol a partir de Excedentes Orgánicos del Banano*. Cuzco: 8° Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica.

Wikipedia. (s.f.). <http://es.wikipedia.org>. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol>



wordreference.com. (s.f.). <http://www.wordreference.com>. Recuperado el 15 de Noviembre de 2012, de <http://www.wordreference.com/definicion/etanol>



ANEXOS

ANEXO 1: Composición Química de Residuos Foliar⁶ de Plátano

En la siguiente tabla se muestra la composición química de los residuos foliares del plátano de acuerdo con el análisis de Weende⁷, así como su contenido calorífico. (Instituto de Investigaciones Porcinas)

Índice, %	x	DE±	Mínimo	Máximo
Materia seca	92.76	0.79	91.78	93.71
Cenizas	12.79	1.92	11.31	15.94
Extracto etéreo				
acidificado	3.80	0.38	2.49	4.23
Fibra bruta	42.24	1.88	40.15	43.96
N	1.56	0.23	1.19	1.85
Energía bruta, MJ/kg MS	16.39	0.87	15.66	17.83

Tabla 12: Composición de los residuos foliares de plátano según el esquema de Weende (Instituto de Investigaciones Porcinas)

Los residuos foliares provenientes de pseudotallo y hojas poseen un alto contenido de cenizas, existe incidencia de alto contenido de potasio presente en éstas partes de la planta. Por otro lado, aunque la cantidad relativamente alta de cenizas disminuye la concentración de materia orgánica, las muestras analizadas no mostraron valores bajos de energía bruta. (Instituto de Investigaciones Porcinas)

En la siguiente tabla se muestra la composición química de los residuos foliares del plátano de acuerdo con el análisis de Weende, así como su contenido calorífico. (Instituto de Investigaciones Porcinas)

⁶ De las hojas de las plantas o relativo a ellas.

⁷ Método general de análisis de los alimentos o análisis bromatológico, para analizar los componentes más abundantes en los alimentos: agua, grasas, proteínas, cenizas, fibra y carbohidratos; con ligeros cambios, el método es aún hoy ampliamente utilizado aunque con aparatos más modernos y rápidos.



Composición		
	% MS	g/16 g N
Alanina	0.64	4.46
Arginina	0.63	4.40
Acido aspártico	1.15	8.08
Cistina	0.15	1.02
Acido glutámico	1.51	10.59
Glicina	0.59	4.15
Histidina	0.25	1.75
Isoleucina	0.52	3.64
Leucina	0.94	6.57
Lisina	0.50	3.50
Metionina	0.20	1.41
Fenilalanina	0.58	4.04
Prolina	0.58	4.03
Serina	0.58	4.05
Treonina	0.50	3.49
Tirosina	0.37	2.59
Valina	0.68	4.74

Tabla 13: Contenido en aminoácidos de los residuos foliares de plátano (Instituto de Investigaciones Porcinas)



Anexo 2: Entrevista a los agricultores de APOQ

La Asociación de Pequeños Productores Orgánicos de Querecotillo, fue fundada en 2002 como una alianza de pequeños agricultores en la costa norte del Perú. Iniciaron con sólo 89 productores, pero sus filas han aumentado hasta unos 367 miembros en todo Querecotillo, distrito en el valle de Chira-Sullana. Siempre ha buscado mejorar sus relaciones con los exportadores y la competitividad en el ámbito internacional. (Fair Trade USA, 2010)

El día sábado de Setiembre del 2012 visitamos esta asociación con el fin de conocer más sobre nuestros potenciales proveedores y su apreciación con respecto al proyecto.

De ellos obtuvimos la siguiente información:

- La planta de plátano, llamada madre, origina a otra planta, llamado hijo cada 3 meses.
- El tallo se corta y pica a 2 m. para darle paso al crecimiento a la planta hijo.
- El 80% de la planta es agua.
- La planta se deshoja cada 3 meses.
- Los tallos hijos excedentes son cortados y dejados en la tierra.
- En cada hectárea se siembran 100 plantas.
- Se cosecha cada 15 días, es decir 200 plantas al mes por hectárea.
- Está prohibido entre los agricultores vender las hojas, no se puede quemar tampoco ya que cuidan el medio ambiente como norma de la asociación.
- Esta asociación tiene entre 1300 y 1500 hectáreas.
- Cada planta tiene 15 o 16 hojas.
- Se producen entre 300 a 500 kilos de hoja por hectárea.



Anexo 3: Producción de plátano y banano TN (2007-2008)

PROVINCIAS	PRODUCCIÓN EN TONELADAS		POBLACIÓN
	2007	2008	CENSO 2007
SATIPO	116,929	119,358	193,872
LEONCIO PRADO	59,135	56,305	116,965
PADRE ABAD	84,243	86,777	50,590
CORONEL PORTILLO	131,851	117,070	333,890
TOCACHE	48,522	53,987	72,346
LAMAS, SAN MARTIN	58,110	61,933	79,075
SULLANA	220,637	212,034	287,680



Anexo 4: Área y Producción por regiones productoras de Plátano 2007

REGIONES	ÁREA MILES DE Ha	PARTICIPACIÓN	PRODUCCIÓN MILES DE TM	PARTICIPACIÓN
MUNDO	5,375.11	100.00%	33,924.86	100.00%
África	4,308.45	80.16%	24,377.64	71.86%
África del Este	2,418.00	44.58%	13,336.00	39.31%
África del Centro	614.88	11.44%	3,055.86	9.01%
África del Oeste	1,257.57	23.73%	7,985.78	23.54%
América	956.18	17.79%	8,394.38	24.74%
América del Centro	57.87	1.08%	785.92	2.32%
Caribe	175.14	3.26%	1,531.62	4.51%
América del Sur	723.16	13.45%	6,076.83	17.91%
Asia	109.42	2.04%	1,148.72	3.39%
Asia del Sur	49.42	0.92%	518.72	1.53%
Asia del Sudeste	60.00	1.12%	630.00	1.86%
Oceanía	1.06	0.02%	4.13	0.01%

Tabla 14. Área y Producción por regiones productoras de Plátano 2007 - Fuente: FAO



Anexo 5: Principales países productores de Plátano

2006			2007		
Posición	Región	Producción TM	Posición	Región	Producción TM
1	Uganda	9054000	1	Uganda	9231000
2	Ghana	2900000	2	Nigeria	2991000
3	Nigeria	2785000	3	Ghana	2930000
4	Colombia	2704172	4	Ruanda	2600000
5	Ruanda	2653348	5	Colombia	2780642
6	Congo	1918080	6	Perú	1834511
7	Perú	1778159	7	Cote dlvoire	1510778
8	Cote dlvoire	1540039	8	Camerún	1400000
9	Camerún	1400000	9	Congo	1204860
10	Myanmar	625000	10	Myanmar	630000

Tabla 15. Principales países productores de Plátano – Fuente FAO



Anexo 6: Rendimiento Ha/año de la producción de plátano

Regiones	Junín	Huánuco	Ucayali	S. Martín	Piura	Loreto	Tumbes	Amazonas	Cajamarca	Pasco
TN/Ha	9.5	11.5	15.5	12.4	21.9	10.3	11	9.2	7.1	8.8

Tabla 16. Rendimiento Ha/año de la producción de plátano – Fuente MINANG



Anexo 7: Metas de utilización de etanol por países

	País	%	SITUACIÓN
Mezcla de etanol obligatoria	Brasil	20%	Incrementado a 25% para el 2007.
	Tailandia	10%	Sólo en Bangkok, pero será extendido.
	India	5%	En todo el país desde 01/10/2007.
	Suecia	5%	En todo el país.
	Holanda	2%	Desde Enero de 2007.
	China	5%	Obligado en 5 provincias.
	Colombia	10%	Obligado en Cali, Bogotá y Popayán.
	Filipinas	5%	Desde Enero de 2007.
En planes de mezcla obligatoria	Francia	5%	Planeado para 2010.
	Reino Unido	5%	Planeado para 2010.
	Japón	3%	Opcional.
	Taiwán	20%	Sin fecha fija.
	Bolivia	25%	Sin fecha fija.
	Costa Rica	5%	Sin fecha fija.
	Argentina	5%	Gradual en un plazo de 5 años.
	Canadá	5%	Planeado para 2010.

Tabla 17. Metas de utilización de etanol por países – Fuente: Amaral, 2007



Anexo 8: Demanda de etanol con mezcla al 7,8% en las gasolinas (miles de barriles por día)

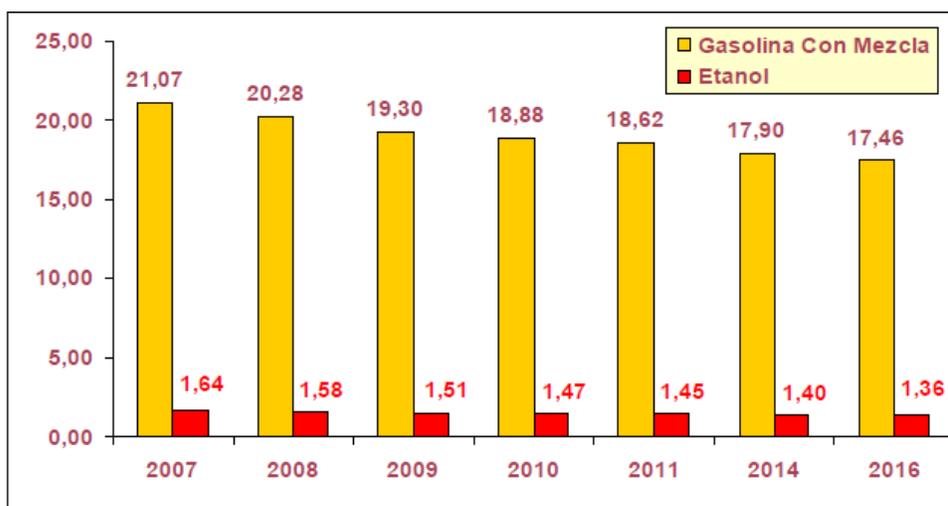


Ilustración de la demanda de etanol con mezcla al 7,8% en las gasolinas (miles de barriles por día) – FUENTE: Petroperú, 2007b



Anexo 9: Biomasa en base seca producida [kg/ha-año]

BIOMASA SECA	
Banano	12.972
Vástago	372
Pseudo-tallo	4.67
Total	18.014

Tabla 18. Biomasa en base seca producida [kg/ha-año]



Anexo 10: Caracterización química, PCS, PCI e Cp a 298 K, de biomasa

Materia prima	Pulpa	Banano	Cáscara	Vástago
<i>Composición (w/w)</i>				
Humedad $\pm 1,1\%$	74,6	79,0	89,1	93,6
Biomasa seca $\pm 1,1\%$	25,4	21,0	10,9	6,4
*Celulosa $\pm 0,6\%$	-	4,0	13,2	32,1
*Hemicelulosa $\pm 2,2\%$	-	4,4	14,8	8,8
*Almidón $\pm 1,1\%$	80,2	71,9	39,9	1,13
*Lignina $\pm 0,6\%$		4,2	14,0	19,0
*Azúcares $\pm 0,6\%$	4,3	3,0	-	-
<i>Composición elemental (%)</i>				
C $\pm 0,6\%$	40,5	41,0	41,6	39,9
H $\pm 0,6\%$	6,9	6,6	6,0	5,8
O $\pm 0,6\%$	49,2	47,4	43,0	42,8
Ceniza $\pm 0,6\%$	3,4	5,3	9,4	11,5
C _P (kJ/kg-K) $\pm 0,9\%$	1,67	1,75	1,93	2,61
PCS (kJ/ kg)	17.182	17.189	17.146	16.338
PCI (kJ/ kg)	15.675	15.748	15.836	15.071

Tabla 19. Caracterización química, PCS, PCI e Cp a 298 K, de biomasa. Fuente Centro biotecnológico Industrial SENA



Anexo 11: Exportación de Banano Orgánico



Perú: Mapa Exportador de Banano Orgánico 2007 (d) (e) Julio 2008

Perú: Exportaciones de Banano Orgánico



(d) Incluye los derivados
(e) Estimados
Fuente: ADUANAS

Perú: Zonas de Producción de Banano

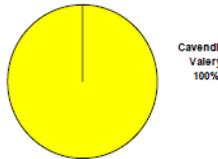


Elaboración: Sector Agro y Agroindustria - PROMPERÚ

Generalidades

Nombre Científico	Musa paradisiaca
Familia	Musaceae

Perú: Variedades de Banano



Perú: Productividad

Cantidad	Unidad de Medida
35	Cajas 40 Lb / Hectárea

Partidas Arancelarias

Código	Descripción
0803001200	Bananas o plátanos tipo Cavendish Valery frescos
0803002000	Bananas o plátanos secos

Directorio de Proveedores Peruanos de Banano Orgánico

Agromarx SAC
Contacto : Emilia Vasquez Castillo
Teléfono : (+51 73) 511 208
jvaldechirra@speedy.com.pe

Andina Organics SAC
Contacto : César Navarro
Teléfono : (+51 1) 422 9232
(+51 1) 992 446 497
cnavarro@andinaorganics.com
www.andinaorganics.com

Asociación de Bananeros Orgánicos Solidarios - Salitral, Quarecotillo y Santa Cruz - BOS SQS
Contacto : Jim Ruiz
Teléfono : (+51 73) 783 134
(+51 73) 969 656 291
bos@bos-salitral.com
www.bos-salitral.com

Asociación de Pequeños Productores de Banano Orgánico de Brujas Alta - APPBOBA
Contacto : José Valdiviezo
Teléfono : (+51 1) 998 371 754
mvaldiviezo@hotmail.com

Asociación de Pequeños Productores de Banano Orgánico de Samán y Anexos - APPBOBA
Contacto : Alingru Garcia
Teléfono : (+51 73) 969 412 141
(+51 73) 969 543 811
apobosa@yahoo.com
apobosa@yahoo.com
www.apobosa.com.pe

Asociación de Pequeños Productores de Banano Orgánico de San Jacinto - APPBOB J
Contacto : Saturnino Comejo Cruz
Teléfono : (+51 72) 972 831 415
asapobob@yahoo.es

Asociación de Pequeños Productores Orgánicos Quarecotillo - APOQ
Contacto : Jorge Nunjar
Teléfono : (+51 73) 316 990
apoo_peru@hotmail.com

Asociación de Productores de Banano Orgánico de la Región Tumbes - APBORT
Contacto : Enrique Fox Farfán
Teléfono : (+51 72) 972 636 313
volar553_7@hotmail.com

Asociación de Productores de Banano Orgánico Valle del Chira - APROBOVCHI
Contacto : José Santos Alvarado

**Telefono : (+51 73) 511 647
(+51 73) 969 615 802
jvaldechirra@speedy.com.pe**

Asociación de Productores Ecológicos Valle de Santa Cruz
Contacto : Edgardo Cáceres
Teléfono : (+51 1) 221 7112
(+51 1) 241 9784
caeresparaquez@yahoo.com
ap-ers@hotmail.com

Asociación de Productores y Productoras Ecológicas del Alto Piura
Contacto : Baltazar Viverres Iman
Teléfono : (+51 73) 378 536
(+51 73) 969 429 614
apoa_pi@yahoo.com
surnage12@yahoo.es

Bio Anden
Contacto : Etrain Valdivia
Teléfono : (+51 1) 369 0028
bioanden@hotmail.com
bioanden@yahoo.com

Blocoeta SAC
Contacto : Fernando CastroMendivil
Teléfono : (+51 73) 506 766
(+51 73) 502 228
blocoetasac@speedy.com.pe
blocoetasac@terra.com.pe

Grupo Huallaco
Contacto : Angelica Fort
Teléfono : (+51 1) 445 4242
(+51 73) 508 139
aforti@grupohuallaco.com

Central de Cafetaleros del Nor Oriente - CECANOR
Contacto : Reinerio Bustamante
Teléfono : (+51 74) 239 583
cecanor@terra.com.pe
prossasa@colam.org.pe

Central Piurana de Asociaciones de Pequeños Productores de Banano Orgánico - CEPBO
Contacto : José Lecamaque Castro
Teléfono : (+51 73) 493 115
jampao_33@hotmail.com
cepbo@yahoo.es

Comité de Productores de Plátano Tumbes
Contacto : José Ramos Castro
Teléfono : (+51 72) 526 116
jaramosramos@hotmail.com

Consejo Agrícola del Norte
Contacto : Raúl Villa
Teléfono : (+51 1) 998 371 754

**Inf@concejoagricola.com
www.concejoagricola.com**

Corporación Peruana de Desarrollo Bananero SAC - COPDEBAN
Contacto : Gustavo José Ricaurte
Teléfono : (+51 73) 503 001
gjrcaurte@ida.dole.com
equerrol@ida.dole.com

Cruz Mar SAC - Banana SAC
Contacto : Oscar Serrado
Teléfono : (+51 1) 461 2572
osconrivedra@hotmail.com

FYC Export SAC
Contacto : Jimmy Torres
Teléfono : (+51 73) 490 514
frank_youth@export.com
jtorres@fyexport.com
www.fyexport.com

GBZ International
Contacto : Jesús Bellina
Teléfono : (+51 1) 271 0534
(+51 1) 448 7465
gbzintl@infonegocio.com.pe

Inkabana SAC
Contacto : Gerardo Sattler
Teléfono : (+51 72) 526 665
(+51 72) 972 690 012
gerardo_sattler@yahoo.com
moliadocorp@hotmail.com

Lifotizadora del Pacífico
Contacto : Carlos Desmaison
Teléfono : (+51 1) 447 8495
mario@lifotizadora.com
lifotizadora@infonegocio.com

Organía SAC
Contacto : Juan Carlos Hurtado
Teléfono : (+51 1) 372 8413
jumbes@organia.com
jumbes@prosa.com

Pacific Organic SAC
Contacto : Alex Belmont
Teléfono : (+51 1) 368 4900
pacificorganic@gmail.com

Pronatur EIRL
Contacto : Jan Bernhard
Teléfono : (+51 74) 219 090
trading@pronatur.com.pe
mreyes@pronatur.com.pe
www.pronatur.com.pe

TWF SA
Contacto : José Valdequez
Teléfono : (+51 1) 462 0554
jvalsa@infonegocio.net.pe

ILUSTRACIÓN 2: PERÚ, MAPA EXPORTADOR DE BANANO ORGÁNICO 2007 (PROMPERÚ, 2008)



Anexo 11: Precios de los principales Hidrocarburos en Latinoamérica

Comparación de precios promedio al consumidor de derivados de petróleo.

Precios de los principales Hidrocarburos en Latinoamérica

País	Gasolina Regular Us\$/L.	Gasolina Extra Us\$/L.	DIESEL Us\$/L.	Kerosene Doméstico Us\$/L.	JET FUEL Us\$/L.	FUEL OIL Us\$/L.	GAS L.P. Us\$/kg.	ETANOL Us\$/L. (datos aproximados promediados)
ARGENTINA	0.33	0.43	0.30	0.20	0.22	0.18	0.28	1.0422
BOLIVIA	0.46	0.71	0.44	0.27	0.28	0.36	0.29	-----
BRASIL	0.60	0.63	0.34	0.19	0.25	0.13	0.89	0.5
COLOMBIA	0.39	0.48	0.27	0.25	0.23	0.16	0.34	0.13611
CHILE	0.55	0.55	0.33	0.30	0.26	0.22	0.66	-----
ECUADOR	0.30	0.39	0.24	N/A	0.29	0.14	0.11	0.55
PARAGUAY	0.43	0.48	0.30	0.15	0.15	0.13	0.47	-----
PERU	0.65	0.80	0.58	0.57	0.26	0.24	0.62	1
URUGUAY	0.89	1.00	0.42	0.47	0.36	0.15	0.67	2
VENEZUELA	0.04	0.06	0.04	0.09	0.09	0.04	0.17	-----

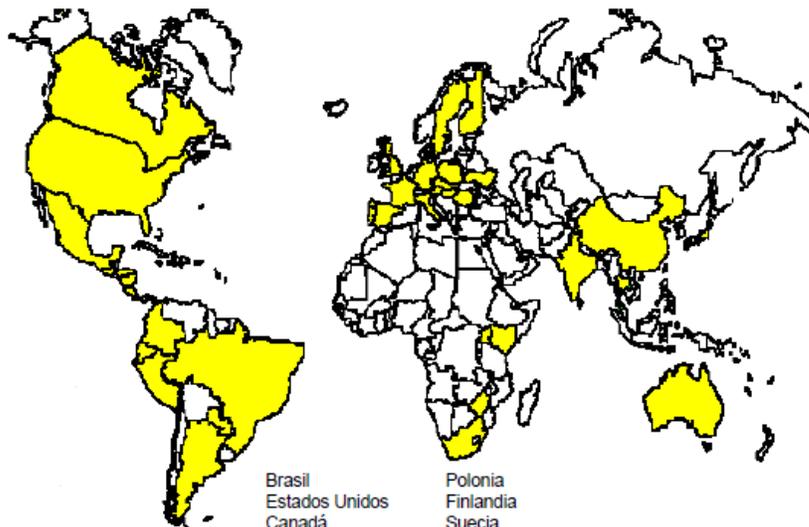
FUENTE 1: ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA, BLOOMBERG Y CEPAL.

Elaborado por: (TechnoServe Inc.), (Agrodataperu, Data Agropecuaria a tu favor, 2012), (Secretaría de Argentina), (DSPACE)



Anexo 12: Producción mundial de etanol combustible – 2013. Datos del contexto

Países productores



Brasil
Estados Unidos
Canadá
México
Centroamérica
Perú,
Ecuador
Colombia
Argentina
España
Alemania
Rep. Checa
Hungria

Polonia
Finlandia
Suecia
Austria
India
China
Japón
Tailandia
Uganda
Kenya
Sudáfrica
Australia

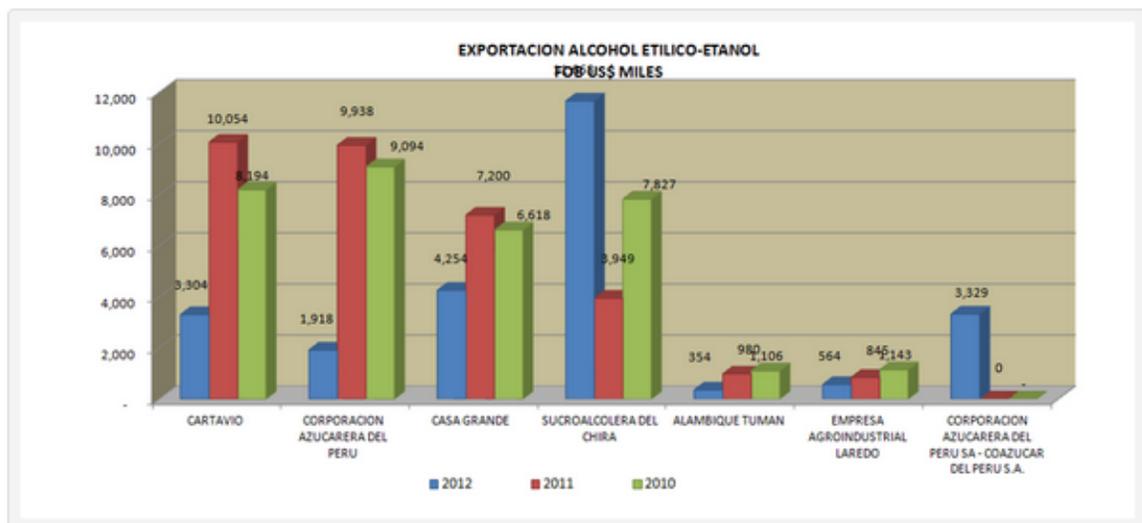
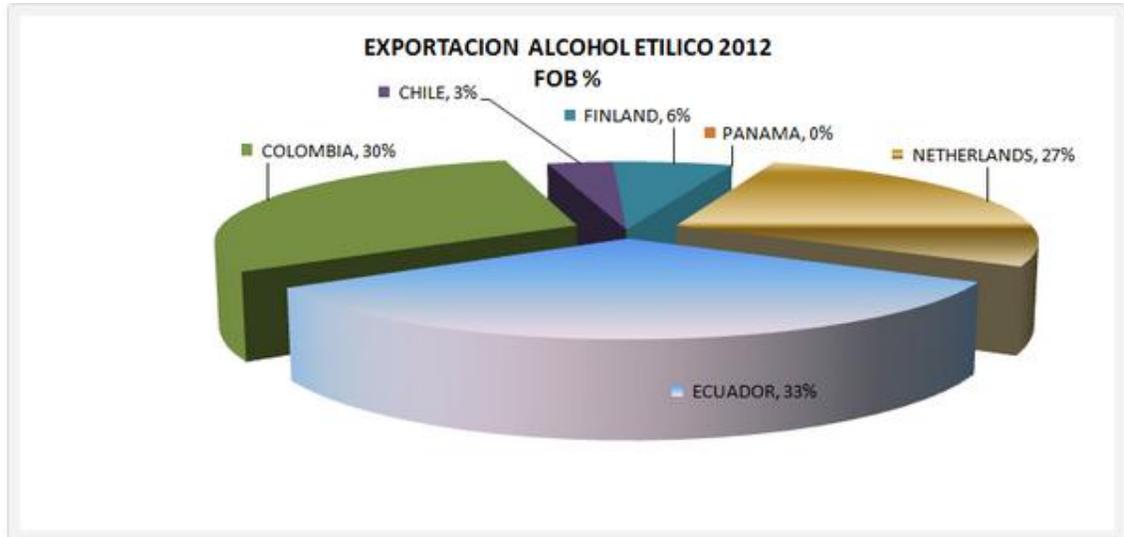
internacional

Elaborado por: (TechnoServe Inc.)



Anexo 13: Exportación Alcohol Etílico – Etanol Perú Agosto 2012

(Agrodataperu, Data Agropecuaria a tu favor, 2012)



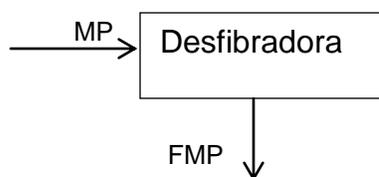


Anexo 14: Memoria del cálculo de flujo

Abreviaturas:

- MP: Materia prima: hojas, tallo y pseudotallo de la planta de plátano.
- NaOH: hidróxido de sodio.
- H₂SO₄: ácido sulfúrico.
- CaSO₄: Sulfato de calcio.
- Levadura: Saccharomyces Cerevisiae.
- H₂O: Agua.
- CaOH: hidróxido de calcio.
- Na₂SO₄: Sulfato de sodio.
- Enzima: Cellic CTec2.
- FMP: Fibra de la materia prima.
- FMPD: Fibra de la materia prima deslignificado.
- FMPN: Fibra de materia prima neutra. FMPN = FMPD - NaOH.
- FMPDN: Fibra de materia prima deslignificada neutra.
- FMPDNF: Fibra de materia prima deslignificada neutra y filtrada.
- SH: Solución hidrolizada.
- SF: Solución fermentada.
- C₆H₁₂O₆: Glucosa.
- C₂H₅OH: Etanol.
- SD: Sustancia Destilada.
- AD: Alcohol Deshidratado.

Desfibradora



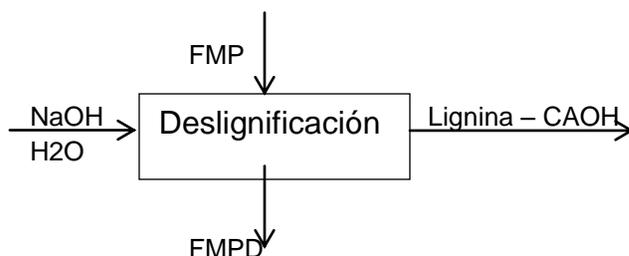
Desfibración	MP	FMP
humedad	80%	80%
Masa (Tn)	17000	17000



Designificación

En esta etapa se extrae el 90% de la lignina.

Composición FMP			Masa (Tn)
Lignina	20%	15.7%	533.8
Celulosa		61.1%	2077.4
Hemicelulosa		23.2%	788.8
Agua	80.0%		13600



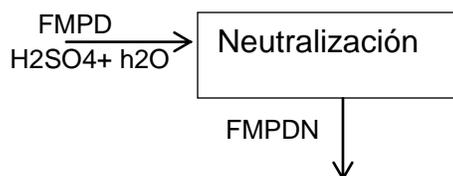
Entrada	FMP	Porcentaje en masa	Masa(Tn)
NaOH	0.09%	80.0%	$FMP * 0.0009 * .8 = 12.37$
H2O		20.0%	$FMP * 0.0009 * .2 = 3.09$
CaSO4			0.09
FMP			17000
TOTAL			17,015.5

Salida	Solución	Masa(Tn)
Lignina	3.9%	480.4
H2O	96.1%	11,838.0
CaOH		0.04
NaOH	0.091% Kg NaOH/kg de H2O	10.76
Total		12,329.3

FMPD	Componentes de lignocelulosa		4,686.28
	NaOH	1.61	
	H2O	1,765.05	



Neutralización



Entrada		Masa(Tn)	
FMPD		4,686.28	
H2SO4	32%	$6.16 \cdot 0.32 = 1.97$	6.16
H2O	68%	$6.16 \cdot 0.68 = 4.19$	
Total		4,692.44	

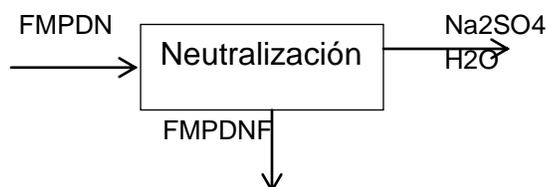
	H2SO4	2NaOH	=	Na2SO4	2H2O
Moles		2	=	1	2
mm(Tn/tnmol)	98	40	=	142	18

masa usado(Tn)	1.97	1.61	=	2.86	0.72
moles usados	0.02	0.04	=	0.02	0.04

$$\text{FMPN} = \text{FMPD} - \text{NaOH}$$

FMPDN	Masa(Tn)
FMPN	4,684.67
Na2SO4	2.86
H2O	4.92
Total	4,692.44

Filtrado



Entrada	Masa(Tn)
FMPDN	4,692.44

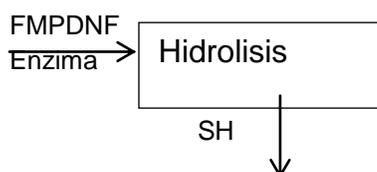


Salida	Masa(Tn)
Na ₂ SO ₄	2.86
H ₂ O	4.92
Total	7.77

FMPDNF	FMPDN-Salida =4,684.67
--------	------------------------

Bio reactor

Hidrolisis enzimática

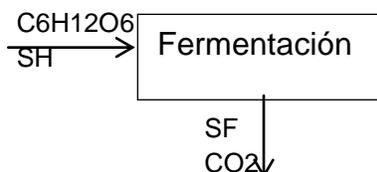


	Entrada	Celulosa y hemicelulosa	Masa(Tn)	
FMPDNF	Celulosa		2,077.40	2,866.20
	Hemicelulosa		788.80	
	lignina y agua		1,818.43	
Enzimas		1.50%	42.993	
Total			4,727.62	

La hidrolisis enzimática tiene un rendimiento de 48% respecto a la celulosa y hemicelulosa

SH	Celulosa y hemicelulosa	Masa(Tn)
Glucosa	48%	1,375.78
celulosa y hemicelulosa	52%	1,490.42
Lignina + agua		1,818.43
Enzima		42.993
Total		4,727.62

Fermentación





Entrada	Glucosa	Masa(Tn)
Glucosa		1,375.78
levadura	7.00%	$1375.78 \times 0.07 = 96.30$
Total		1,472.08

Reacción de la glucosa para convertirse en etanol

	C ₆ H ₁₂ O ₆	=	2C ₂ H ₅ OH	2CO ₂
Moles	1		1	2
mm(Tn/tnmol)	180		92	44

masa usado(Tn)	1,375.78		703.17	672.60
moles usados	7.64		7.64	15.29

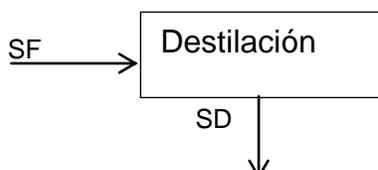
Densidad del etanol= 0.81 gr/ml =0.81 Tn/m³

Rendimiento de la fermentación es del 46% respecto al etanol obtenido idealmente.

SF		Volumen(m ³)	Masa(Tn)
Alcohol	46%	$323.46 / 0.81 = 399.33$	323.46
agua + subproductos			3,448.15
Glucosa	54%		$C_6H_{12}O_6 - 323.46 = 742.92$
Total			4590.40

El CO₂ Generado se libera a la atmosfera.

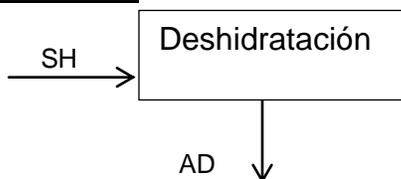
Destilación



En la destilación se obtiene el etanol con 96% de pureza.

SD	Total	Volumen (m ³)
Alcohol	96%	399.33
agua	4%	16.64
Total		415.97

Deshidratación





Deshidratación		Volumen(m3)
Alcohol	99.6%	399.33
agua	0.4%	1.6
Total		400.94

Rendimiento= $(400.94 \cdot 0.81) / 17000 = 0.0191$ tonelada de alcohol al 99.6% por tonelada de materia prima.

Rendimiento= $(400.94) / 17000 = 0.02358$ m3 de alcohol al 99.6% por tonelada de materia prima.

Rendimiento= $(400.94 \cdot 1000) / 17000 = 23.58$ litros de alcohol al 99.6% por tonelada de materia prima.



Anexo 15: Fotos de las Actividades del Equipo de Proyecto

Fotos del Experimento



Figura 1: Agitador magnético con calentador y ácido sulfúrico para la deslignificación



Figura 2: Vaso precipitado tarado y solución en el agitador



Figura 3: Cristales de sulfato de sodio sedimentados en el vaso de precipitado y filtración de la solución



Figura 4: Proceso de filtración y cristales sedimentados en el vaso precipitado



Figura 5: Sulfato de sodio como residuo y solución filtrada



Figura 6: Torta residuo de la filtración y valoración de los cristales



Figura 7: Tanque de fermentación

Fotos de la Visita a los Agricultores de Banano Orgánico





Fotos de la Visita a Caña Brava







Fotos del Equipo del Proyecto





Anexo 16: Visita a la empresa de obtención de etanol “Sucroalcolera del Chira” - Caña Brava

El ingeniero Alfonso Romero Ramírez, supervisor del Área de Producción Caña Brava, nos recibió el día domingo 9 de setiembre de 2012, en las instalaciones de la mencionada empresa.

Realizamos una serie de entrevistas preestablecidas, a nuestro entrevistado, quien resolvió todas las interrogantes que teníamos sobre el proceso de producción de etanol. Nos detalló uno a uno los procesos, así como los rendimientos en cada uno de ellos.

Así como también, nos mencionó la cantidad de producción diaria que maneja la empresa.

A continuación se detalla un fragmento de la entrevista:

La caña llega a la planta en camiones especiales, los cuales son pesados en un patio de balanza, esta es procesada, primero es molida por una molienda y luego es desfibrada con unos martillos, la caña es separada en dos partes: jugo utilizado en la fermentación y el bagazo quemado en la caldera. Los residuos salen por la chimenea y son vapor de agua y CO₂. Se realiza un lavado de gases en la caldera, lo cual genera un impacto mínimo medio ambiental contribuyendo estupendamente con el medio que le rodea.

El jugo de la caña y el agua caliente llega al difusor y mediante lixiviación se produce el jugo menos concentrado, luego llega al tanque de evaporación donde pasa por intercambiadores que tienen dos flujos; el jugo va a 65°C y el jugo que sale se mezcla con el jugo de la evaporación. Después se produce la fermentación, a la cual se agrega la levadura y se deja reposar por un determinado tiempo para luego pasar a tres tanques de destilería donde se obtiene un alcohol de 96 grados y finalmente pasa a un proceso de deshidratado y poder obtener etanol a 99.7 grados, que será utilizado para la producción del gasohol.

Fue una mañana de mucho provecho y enriquecimiento de conocimientos, para el equipo de proyecto.